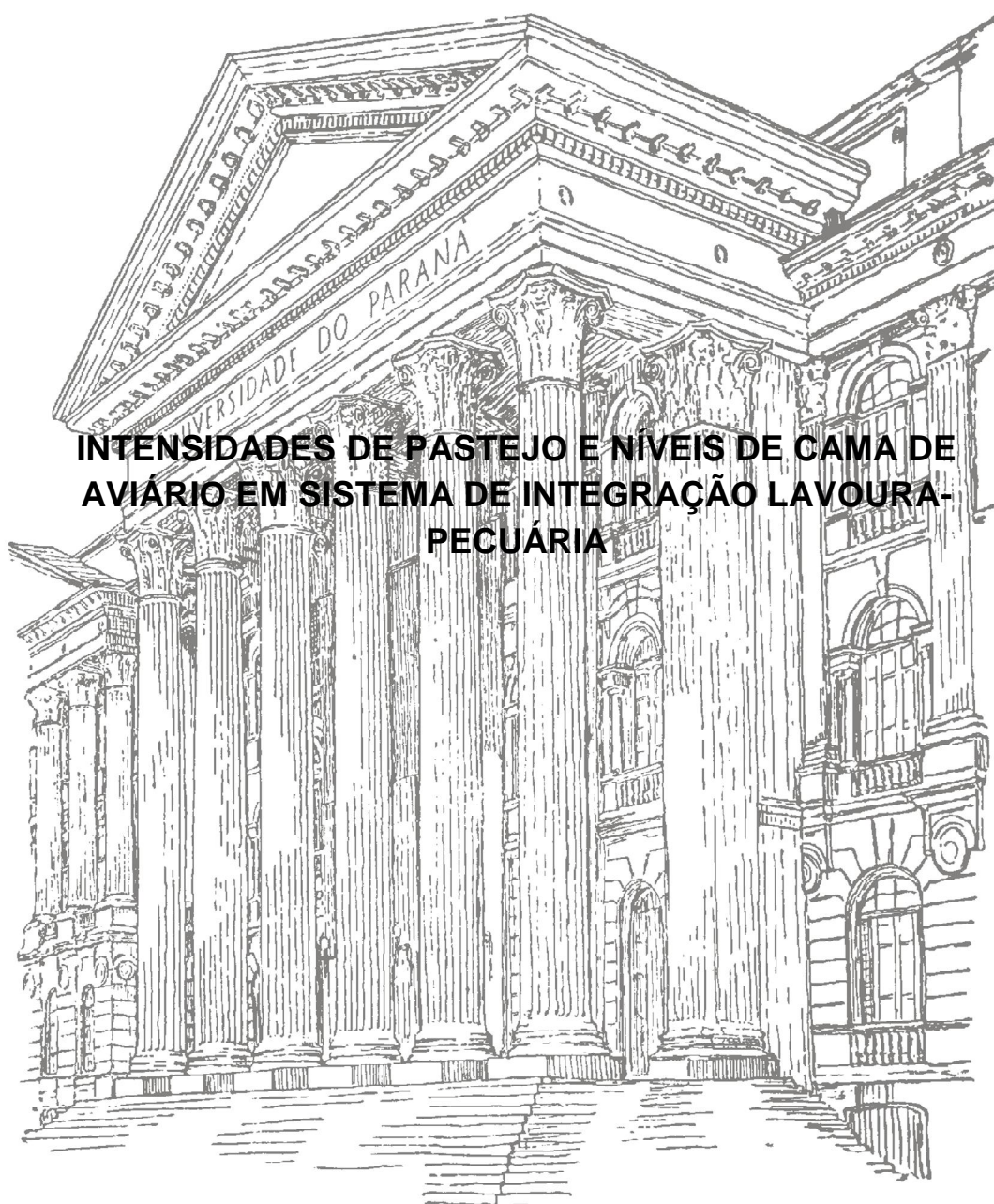


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PAULO FERNANDO ADAMI



CURITIBA

2012

PAULO FERNANDO ADAMI

Engenheiro Agrônomo (UTFPR)

MSc. Agronomia (UTFPR)

**INTENSIDADES DE PASTEJO E NÍVEIS DE CAMA DE AVIÁRIO EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Adelino Pelissari

Co-Orientadora: Prof. Dra. Tangriani Simioni Assmann

CURITIBA

2012

A minha esposa,
Marcia Fernanda Franchin,
Aos meus pais,
Angelim Domingos Adami (*in memoriam*) e Romilda Adami,
Ao meu irmão,
Felipe Carlos Adami,
Ofereço e Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e oportunidade de conhecer pessoas exemplares, pela companhia e força, levando-me a superar obstáculos e a alcançar meus objetivos.

À minha família que sempre me apoiou de forma incondicional. Ao meu pai, Angelim Domingos Adami (*in memoriam*) pelo exemplo de ser humano. A minha mãe pelo carinho e esforço para permitir sempre o melhor para a minha educação. Ao meu irmão, pessoa incentivadora das minhas escolhas. Obrigado por tudo. Compartilho com vocês a minha alegria e esta conquista. A vocês meu eterno reconhecimento, carinho, amor e respeito.

A minha esposa por seu amor, apoio, carinho, confiança, palavras de incentivo, compreensão, ajuda, dedicação, cuidado e zelo para comigo. Meu amor eterno.

Ao professor Dr. Adelino Pelissari por me aceitar como orientado, pela confiança, pelas palavras de conforto, ajuda, incentivo e ensinamentos. Pelo seu exemplo de profissionalismo, dedicação e ser humano. O meu muito obrigado e eterno reconhecimento.

Agradeço à UFPR por disponibilizar excelentes professores, ensino gratuito e de qualidade em especial aos professores Anibal de Moraes, pela ajuda na elaboração e desenvolvimento do trabalho. Aos professores da UTFPR – Campus Pato Branco por permitir a utilização do laboratório de solos em especial ao professor Luis Cesar Cassol e professora Tangriani Simioni Assmann. Ao professor Alcir José Modolo por ter participado na elaboração do trabalho e na execução do mesmo. Ao professor André Brugnara Soares, pessoa incentivadora das minhas escolhas pela educação e pesquisa. Obrigado pelos ensinamentos, alegria, brincadeiras. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Ao meu sogro Aurélio Franchin e a minha sogra Iraci Franchin pelas palavras de incentivo e carinho, por disponibilizar a área para realização do experimento e principalmente por me receberem em sua família. A vocês meu eterno carinho e respeito.

Aos meus tios, Reni e Santo Felipe por olharem meus cadernos quando criança. Tenho certeza que este gesto fez muita diferença para que me empenha-se nos estudos, resultando nas conquistas obtidas. A vocês e a todos meus familiares, meu muito obrigado.

Aos meus amigos Laércio R. Sartor, Christiano S. R. Pitta e Jonatas Piva pelas conversas e palavras de incentivo. Aprendi muito com vocês.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho, que me incentivaram e me deram forças para enfrentar os obstáculos.

Ao Reuni pelo apoio financeiro concedido e indiretamente a todos os brasileiros que pagam seus impostos e permitem a disponibilização deste recurso.

INTENSIDADES DE PASTEJO E NÍVEIS DE CAMA DE AVIÁRIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Autor: MSc. Engº. Agrº. Paulo Fernando Adami

Orientador: Prof. Dr. Adelino Pelissari

RESUMO: Considerando que a intensidade de pastejo e a fertilização do solo são fatores determinantes do sucesso do sistema integração lavoura-pecuária, este trabalho estudou o efeito destas variáveis sobre a produção vegetal da sucessão aveia + azevém/milho/aveia + azevém em sistema de integração lavoura-pecuária. O trabalho está dividido em capítulos que apresentam os dados obtidos no período de maio de 2009 a outubro de 2010. A primeira fase teve por objetivo avaliar a influência de diferentes intensidades de pastejo caracterizadas pela altura de pastejo do consórcio entre aveia preta comum (*Avena strigosa*, Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam) em pastejo rotativo na produção de forragem, na biomassa residual pós pastejo e na decomposição desta biomassa ao longo de 270 dias de incubação a campo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e os tratamentos foram: 25-05, 30-10 e 35-15 cm, respectivamente para a altura da pastagem na entrada e saída dos animais dos piquetes caracterizando alta, média e baixa intensidade de pastejo, e um tratamento sem pastejo. Para o pastejo foram utilizadas vacas da raça holandesa com 500 kg de peso vivo. Na fase seguinte, após o término do período de pastejo, a área foi dessecada com 740 g ha⁻¹ de e.a. de glyphosate e as parcelas divididas em subparcelas de 4x3 m, aonde foram alocadas quatro níveis de adubação com cama de aviário (0; 4.953; 9.907; 14.860 kg ha⁻¹) a fim de suprir 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N e um tratamento com adubação mineral totalizando 80 unidades experimentais. Para monitorar o processo de decomposição da biomassa residual da pastagem bem como a decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário utilizou-se a técnica dos sacos de decomposição com três repetições. Após o período de pastejo, avaliou-se também a influência das diferentes intensidades de pastejo na aveia + azevém sobre o desempenho do milho, cultivado em sequência, com e sem o uso de adubação orgânica com cama de aviário e um tratamento com adubação mineral, bem como o efeito residual da cama de aviário aplicada no milho sobre a produtividade da aveia + azevém, cultivada na sequência após o milho. A alta intensidade de pastejo manejada a 25-05 cm afetou a produtividade de matéria seca da pastagem. Com a diminuição da intensidade de pastejo e ou o aumento na altura de pastejo para 30-10 e 35-15 cm, a produtividade total e a biomassa residual pós pastejo aumentaram, sendo que o tratamento sem pastejo apresentou os maiores valores. A decomposição da biomassa residual pós pastejo aumentou com o incremento na intensidade de pastejo. As maiores taxas de decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário ocorreram nos primeiros 60 dias após incubação a campo, aonde 40, 34, 91 e 39% do N, P, K e Ca iniciais presentes na cama já haviam sido liberados para o solo. Após um ano de incubação da cama a campo, 27% da MS inicial ainda permanecia sobre o solo, confirmando assim o efeito residual da cama ao longo do tempo. As intensidades de pastejo não afetaram os componentes de rendimento e a produtividade do milho. A adubação orgânica (14.860 kg ha⁻¹) e a adubação mineral proporcionaram, em relação à testemunha, aumentos de 36,7 e 47,2% (2.754 e 3.535 kg ha⁻¹) na produtividade do milho. Houve efeito residual dos níveis de cama de aviário aplicados no milho sobre a produtividade da aveia + azevém cultivada em sequência.

Palavras-chave: Aveia + azevém, biomassa residual pós pastejo, liberação de nutrientes, milho, nitrogênio, sacos de decomposição.

GRAZING INTENSITIES AND POULTRY LITTER LEVELS AT THE CROP-LIVESTOCK SYSTEM

Author: MSc. Eng^o. Agr^o. Paulo Fernando Adami

Advisor: Professor. Doc. Adelino Pelissari

ABSTRACT: Considering the fact that grazing intensities and soil fertilizer plays a major role on the success of integrated crop-livestock system, this work studied the effect of these variables on the production of oat + ryegrass/corn/oat + ryegrass succession at the integrated crop-livestock system. This study is divided into chapters that present the data obtained from May, 2009 up to October 2010. The first phase aimed to evaluate the effects of grazing intensities characterized by different sward management of Common black oat (*Avena strigosa*, Schreb) + common ryegrass (*Lolium multiflorum*, Lam) in rotational grazing system over the biomass production, residual biomass and its decomposition rate over 270 days of incubation in the field. The experiment was laid out as a randomized block design with four replications and the treatments were: 25-5, 30-10 and 35-15 cm respectively at the entrance and exit of the animals from the paddocks characterizing the high, middle and low grazing intensity and a treatment without grazing. Were used Holstein dairy cows with 500 kg of live weight. At the next phase, after the grazing period, the area was desiccated with 740 g ha⁻¹ e.a. of glyphosate and the main plots divided into subplots of 4x3 m where four levels of poultry litter (0; 4,953; 9,907 and 14,860 kg ha⁻¹) were applied aiming to supply 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of N and a mineral fertilizer treatment were allocated totaling 80 experimental units. To monitor the process of decomposition of the fodder residual biomass as well as the poultry litter decomposition and nutrient release were used the litter bags technique with three replications. The third chapter evaluated the effect of different grazing intensities on winter pasture over corn growth performance and yield grown in sequence with and without different levels of poultry litter and a treatment with mineral fertilizer as well as the residual effect of poultry litter applied on corn over the black oat production, grown in sequence. High grazing intensity managed at 25-05 cm affected pasture biomass production. As the grazing intensity reduced or pasture sward management increase to 30-10 and 35-15 cm, pasture productivity and residual biomass after graze increased being the ungrazed treatment the one with the higher values. The highest poultry litter decomposition and nutrient release occurred in the first 60 days after field incubation, where 40, 34, 91 and 39% of N, P, K and Ca applied to the soil via litter had been released to the soil. After a year of field incubation, poultry litter showed a residual dry matter value of 27%, stating its residual effect over time. Grazing intensities had no effect on corn yield components, neither on corn yield. Organic manure (14,860 kg ha⁻¹) and mineral fertilizer provided in relation to control increases of 36 and 47% (2,754 and 3,535 kg ha⁻¹) on corn yield. There was a residual effect of the poultry litter levels applied on corn over oat productivity grown in succession.

Key words: Oat + ryegrass, residual biomass after grazing, nutrient release, corn, nitrogen, litter bags.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. Introdução e Revisão de literatura.....	4
1.1 Introdução Geral.....	5
1.1.1 Objetivo Geral.....	6
1.1.2 Objetivo Específico.....	6
1.2 Revisão de Literatura	7
1.2.1 Intensidades de Pastejo e a produção vegetal.....	7
1.2.2 Ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção.....	10
1.2.3 Atividade avícola e a cama de aviário	12
1.1.4 Cultura do Milho e a adubação nitrogenada	25
CAPÍTULO 2. IntensidadeS de pastejo na produção e decomposição da biomassa de aveia + azevém em pastejo rotativo.....	28
2.1 Resumo	29
2.2 Abstract.....	29
2.3 Introdução	30
2.4 Material e Métodos.....	31
2.5 Resultados e Discussão	35
2.6 Conclusões	44
2.7 Literatura citada	44
CAPÍTULO 3. Decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário.....	47
3.1 Resumo	48
3.2 Abstract.....	48
3.3 Introdução	49
3.4 Material e Métodos.....	50
3.5 Resultados e Discussão	53
3.6 Conclusão.....	64
3.7 Literatura citada	64
CAPÍTULO 4. Intensidades de pastejo e dinâmica da cama de aviário sobre a produtividade do milho e da aveia + azevém	69
4.1 Resumo.	70
4.2 Abstract.....	70
4.3 Introdução	71
4.4 Material e Métodos.....	73
4.5 Resultados e Discussão	76

4.6 Conclusão	84
4.7 Literatura citada	85
CAPÍTULO 5. Considerações finais.....	88
CAPÍTULO 6. Referências	91
ANEXO	102

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2. Intensidade de pastejo na produção e decomposição da biomassa de aveia + azevém em pastejo rotativo

Figura 1. Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel Vivida - PR, 2009-210. Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2010). 32

Figura 2 – Taxa de acúmulo de matéria seca (A) ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), produção total (B) (kg ha^{-1}) e matéria seca remanescente pós pastejo (C) (kg ha^{-1}) da aveia + azevém nas diferentes intensidades de pastejo (Sem Pastejo, 35-15, 30-10 e 25-05 cm, respectivamente para as alturas de entrada e saída dos animais). Coronel Vivida - PR, 2009..... 36

Figura 3 – Matéria seca remanescente dos tratamentos sem pastejo (A), 35-15 (B), 30-10 (C) e 25-5 (D) em função dos 270 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. 42

Capítulo 3. Decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário

Figura 1. Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel vivida - PR, 2009-2010. Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2010). 51

Figura 2. Matéria seca remanescente da cama de aviário ao longo de um ano de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. 54

Figura 3. Nitrogênio (A), Fósforo (B), Potássio (C) e Cálcio (D) remanescente da cama de aviário em função dos 365 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida, PR. 2009-2010..... 57

Figura 4. Liberação acumulada de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e cálcio (D) em relação aos níveis de cama de aviário (4.953; 9.907 e 14.860 kg ha^{-1}) ao longo de um ano de incubação dos sacos de decomposição a campo..... 60

Capítulo 4. Intensidades de pastejo e dinâmica da cama de aviário na produtividade do milho e da aveia + azevém

Figura 1 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2010)..... 73

Figura 2 - Altura de plantas (A) e diâmetro de colmo (B) 39 dias após o plantio do milho, altura de plantas 50 (C; cm) e 86 dias (D; metro) após o plantio do milho em função dos níveis de cama de aviário. Coronel Vivida – PR, 2009-2010. 77

Figura 3 - Componentes de rendimento do de milho: comprimento de espiga (A), diâmetro de espiga (B), número de fileiras por espiga (C) número de grãos por fileira (D) numero de grãos por espiga (E) e peso de mil grãos (F) em função dos níveis de cama de aviário e da adubação mineral. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. 80

Figura 4 - Produtividade do milho (A) em função dos níveis de cama de aviário e da adubação mineral e produtividade da aveia + azevém (B) cultivada na sequência ao milho em função do efeito residual dos níveis de cama de aviário. Coronel Vivida, PR, 2009-2010. 81

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2. Intensidade de pastejo na produção e decomposição da biomassa de aveia + azevém em pastejo rotativo

Tabela 1 – Valores de altura de plantas (cm) de aveia + azevém avaliadas antes e após os períodos de pastejo nos diferentes tratamentos (Sem Pastejo, 35-15, 30-10 e 25-05 cm). Coronel Vivida - PR, 2009..... 35

Tabela 2 – Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustado aos valores medidos da massa seca remanescente pós pastejo em função das diferentes intensidades de pastejo, compartimento mais facilmente decomponível (A), constantes de liberação (Ka e Kb), tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e coeficiente de determinação (R^2) para o ajuste do modelo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010..... 41

Capítulo 3. Decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário

Tabela 1 – Massa seca de cama de aviário (kg ha^{-1}) e respectivos valores de N, P, K e Ca (kg ha^{-1}) aplicados ao solo..... 51

Tabela 2 – Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustados aos valores medidos da massa seca, nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio remanescente da cama de aviário: compartimento mais facilmente decomponível (A), constantes de liberação (Ka e Kb) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e coeficiente de determinação (R^2) para o ajuste do modelo. Coronel Vivida – PR, 2009-2010. 55

Capítulo 4. Intensidades de pastejo e dinâmica da cama de aviário na produtividade do milho e da aveia + azevém

Tabela 1 – Valores de altura (cm) e diâmetro de colmo (mm) de plantas de milho em função das intensidades de pastejo (sem pastejo, 35-15; 30-10 e 25-5 cm) no tratamento com adubação mineral. Coronel Vivida - PR, 2009-2010..... 78

LISTA DE ABREVIATURAS

Ca	C álcio
ILP	I ntegração L avoura P ecuária
K	P otássio
MS	M atéria S eca
MSR	M atéria S eca R emanescente
N	N itrogênio
NR	N utriente R emanescente
P	F ósforo
PTMS	P rodução T otal de M atéria S eca
TA	T axa de A cúmulo

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

O manejo da propriedade agrícola envolve uma série de decisões, cujo objetivo final é obter, de forma sustentável, o melhor resultado possível na produção vegetal e animal. Neste sentido, é importante que o manejo seja realizado de forma a integrar e considerar todos os fatores relacionados a este objetivo final, ou seja, parâmetros de solo, da planta e dos animais, especialmente quando em sistemas integrados de produção. Dentre os sistemas integrados na agricultura, a integração lavoura-pecuária (ILP) se destaca por agregar diferentes fontes de renda e maior estabilidade financeira a propriedade.

Em sistemas de integração lavoura-pecuária, o cultivo de espécies anuais de inverno como a aveia (*Avena sativa* Schreb.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) para produção animal (leite e carne) se apresenta como uma alternativa de renda aos produtores desde que a intensidade de pastejo utilizada esteja adequada ao processo produtivo destas forrageiras de inverno e consequentemente da produtividade do sistema ILP.

Neste sentido, considerando a importância das pastagens de inverno para o sul do Brasil, trabalhos que elucidem a melhor altura de pastejo em sistema rotativo de pastejo bem como a influência do pastejo na dinâmica da produção e decomposição dos resíduos pós pastejo e a sua influência na cultura subsequente são importantes, uma vez que geram conhecimento capaz de permitir aumentos produtivos e melhor retorno econômico aos produtores de forma concomitante com a manutenção do plantio direto e a sustentabilidade do sistema.

Entre as culturas utilizadas no verão, o milho se destaca por ser um dos grãos mais produzidos no Brasil, com participação de 35% na produção brasileira de grãos, sendo o Paraná responsável por 24,6% da produção nacional de milho (Conab, 2010). Isto ocorre devido às inúmeras aplicações que este cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal, na forma de grãos, forragem verde ou conservada (silagem), na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente.

Dentre os vários fatores determinantes do sucesso produtivo do milho, destaca-se a adubação nitrogenada. Neste sentido, a utilização de resíduos orgânicos de aviários, popularmente conhecidos como “cama de aviário”, apresenta-se como excelente opção, uma vez que seu uso como fertilizante agrícola além de possibilitar um destino correto a estes resíduos, promove também uma melhoria na produção vegetal e animal via introdução e aumento na disponibilidade de nutrientes no solo.

Entretanto, pouco se sabe sobre a taxa de mineralização e disponibilização de nutrientes por parte deste fertilizante agrícola. Em muitos casos, os agricultores deixam de usá-lo por não observar resposta imediata e o substituem na cultura subsequente por fertilizante mineral. Entretanto, existe a possibilidade de estar ocorrendo um efeito acumulativo de alguns nutrientes pelo efeito residual da cama, o que pode resultar em interpretações errôneas sobre a eficiência de uso da cama de aviário e do fertilizante mineral.

Diante deste contexto, este trabalho parte da hipótese de que diferentes intensidades de pastejo, caracterizadas por diferentes alturas de pastejo da aveia + azevém afetam o crescimento e potencial produtivo destas espécies bem como a decomposição da biomassa residual pós pastejo e de que estes fatores possam alterar a produtividade do milho cultivado na sequência. Ainda, se estabeleceu como hipótese o fato de que os níveis de cama de aviário aplicados no milho interferem na sua produtividade apresentando efeito residual para a cultura seguinte.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a produção vegetal (aveia+azevém/milho/aveia+azevém) no sistema de integração lavoura-pecuária sob diferentes intensidades de pastejo do consórcio de aveia+azevém e níveis de adubação com cama de aviário no desenvolvimento e produtividade do milho cultivado na sequência bem como a taxa de decomposição da biomassa residual pós pastejo e a decomposição da cama de aviário bem como a liberação de nutrientes e seu efeito residual sobre a produtividade da aveia + azevém cultivada na sequência.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar os efeitos da intensidade de pastejo da pastagem consorciada entre aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam) em pastejo rotativo, na produção de matéria seca, na biomassa residual pós pastejo e na decomposição desta ao longo de 270 dias de incubação a campo.

Avaliar a decomposição da matéria seca da cama de aviário bem como a taxa de liberação de N, P, K e Ca.

Avaliar o efeito de intensidades de pastejo na aveia+azéveo sobre o rendimento do milho submetido a níveis de cama de aviário e adubação mineral.

Avaliar o efeito residual da cama aplicada no milho sobre a produtividade da aveia+azéveo cultivados sequencialmente a fim de elucidar o potencial de uso agrícola deste resíduo tão comum e disponível em algumas regiões do Brasil.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 INTENSIDADES DE PASTEJO E A PRODUÇÃO VEGETAL

Sistemas pecuários de produção ocupam cerca de 30% da área livre de gelo terrestre da superfície do planeta (Steinfeld et al. 2006) e são um trunfo importante a nível mundial com um valor gerado de pelo menos 1,4 trilhão de dólares (Thornton, 2010). Este setor está cada vez mais organizado em cadeias longas de mercado que empregam pelo menos 1,3 bilhão de pessoas no mundo e apoiam diretamente a subsistência de 600 milhões de pequenos agricultores nos países em desenvolvimento (Thornton et al. 2009) representando assim uma importante estratégia de redução de risco para as comunidades vulneráveis em segurança alimentar, e um efetivo fornecedor de nutrientes para agricultores e suas famílias (Thornton, 2010).

Sistemas pecuários de produção têm efeitos positivos e negativos sobre a base de recursos naturais, saúde pública, equidade social e crescimento econômico (World Bank, 2009) sendo atualmente um dos setores agrícolas que mais crescem nos países em desenvolvimento como o Brasil.

Neste sistema de produção, a intensidade de pastejo, caracterizada neste trabalho por diferentes alturas de pastejo é o principal fator condicionante das produções primária e secundária. Pois se de um lado as plantas crescem utilizando a energia solar, água e nutrientes fornecidos pelo solo, por outro lado este crescimento é constantemente influenciado pela ação do animal devido à remoção das folhas pelo pastejo, da seletividade animal, do pisoteio e das dejeções (Nabinger, 2005). Neste contexto, a prática da desfolhação necessita de um monitoramento adequado baseado em informações que assegurem um equilíbrio entre os processos de crescimento, senescência e consumo de forma a possibilitar elevada produtividade de forragem de boa qualidade (Da Silva, 2004).

Existem várias maneiras para atingir tal objetivo, como o manejo em função da massa de forragem, da oferta de forragem, dos ganhos preconizados. No entanto, a altura da pastagem tem se mostrado bastante promissora como critério de manejo da pastagem por ser de fácil aplicação a campo pelos produtores. Neste sentido, surge uma questão importante em relação à altura de pastejo: qual a altura de manejo do consórcio aveia + azevém em pastejo rotacionado capaz de otimizar a produção vegetal e animal e ao mesmo tempo proporcionar biomassa residual adequada para a manutenção do sistema plantio direto, sem afetar a fertilidade do solo e a produção das culturas seguintes?

A resposta é complexa porque para cada espécie forrageira e condições de crescimento existe um índice de área foliar (IAF) que promove um nível ótimo de crescimento, pois este possibilita uma máxima interceptação da luz (IL) e uma melhor taxa de fotossíntese. Zeferino (2006), por exemplo, cita que a *Brachiaria brizantha* deve ser manejada a 25 cm de altura em pré pastejo e o mesmo deve ser interrompido quando o rebaixamento atingir um resíduo de 15 cm em pastejo rotativo, pois nestas alturas a IL fica próxima a 95%, interceptação na qual ocorre a maior taxa de fotossíntese líquida. Assim sendo, o pastejo, dependendo de sua intensidade, afeta a área foliar e a interceptação luminosa do dossel o que, por sua vez, afeta as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas (Da Silva & Pedreira, 1997).

A aveia-preta (*Avena strigosa*, Schreb) e o azevém (*Lolium multiflorum*, Lam), são as espécies mais cultivadas no inverno em função de apresentarem alto valor nutritivo e elevado potencial produtivo (Assmann et al., 2004; Aguinaga et al., 2008). Neste contexto, considerando a relevância das pastagens hibernais no contexto agropecuário do Sul do Brasil, é necessário avaliar suas características produtivas sob diferentes intensidades de pastejo em pastejo rotativo.

Trabalhos realizados no Rio Grande do Sul têm avaliado a dinâmica da produção da aveia + azevém em pastejo com lotação contínua e carga variável nas alturas de 10, 20, 30 e 40 cm. Estes trabalhos têm relatado a influência da altura de pastejo sobre a produtividade de matéria seca (MS) (Cassol, 2003; Lopes et al., 2009; Carvalho et al., 2010), a ciclagem de nutrientes (Ferreira et al., 2009; Ferreira et al., 2011), a fertilidade do solo (Cassol, 2003; Flores, et al., 2007; Souza et al., 2010), a produtividade animal (Aguinaga et al., 2006) e a produtividade da cultura de verão (Flores et al., 2007; Lopes et al., 2009).

Carvalho et al. (2011) após 10 anos de avaliação do sistema integração lavoura-pecuária, afirmam que pastejo moderado ou leve não afeta a produtividade da lavoura de soja. Por outro lado, os resultados de longo prazo apontam que a altura de pastejo das pastagens de

aveia + azevém abaixo de 20 cm não deve ser conduzida, pois inúmeras variáveis que interferem sobre a sustentabilidade do sistema são afetadas, como a porosidade do solo, a infiltração de água no solo, o estoque de carbono e nitrogênio (N) do solo, a biomassa aérea pós-pastejo, o tempo de pastejo e deslocamento animal, o ganho médio diário, a qualidade da carcaça e por fim a qualidade do solo e a sustentabilidade do sistema.

Petean et al. (2009), avaliando a altura de pastejo de aveia + azevém (7, 14, 21 e 28 cm) em pastejo com lotação contínua e carga variável relatou que para manter a qualidade física do solo, na profundidade de 0-15 cm, a altura de pastejo deve ser mantida no mínimo a 21 cm. O autor relata também que não houve diferença na qualidade física do solo, entre os tratamentos na camada de 7,5-15 cm de profundidade, sugerindo que os efeitos do pastejo, especificamente do pisoteio animal, ficaram localizados na camada superficial do solo.

Tais resultados são semelhantes aos de Lanza et al. (2007), o que indica que os efeitos da compactação pelo pisoteio animal concentram-se na camada superficial do solo e podem ser rapidamente revertidos pelo desenvolvimento radicular da cultura cultivada na sequência. Diversos estudos conduzidos no sul do Brasil demonstram que do ponto de vista das propriedades químicas do solo, o pastejo pode causar uma melhoria na fertilidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica e melhoria na eficiência do uso de fertilizantes via alteração na ciclagem de nutrientes (Lang, 2004; Assmann, 2004). Ainda, Lang (2004) aponta que a adubação de 150 kg de N ha⁻¹ na pastagem de inverno aumenta a produção de biomassa e provoca mudanças na sua qualidade como uma menor relação C/N, maior percentagem de folhas e menor relação colmo/folha, o que acaba acelerando o processo de decomposição.

Percebe-se que a presença do animal na pastagem pode alterar a produtividade do ecossistema em uma direção positiva ou negativa, sendo a magnitude das alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo dependentes da intensidade de pastejo utilizada. Esta interferência varia também com a textura, o teor de matéria orgânica e a umidade do solo (Smith et al., 1997), a biomassa vegetal sobre o solo (Silva et al., 2003), a adubação utilizada, a espécie de planta e a forma de como os animais reagem às estruturas de pasto decorrentes (Baggio, 2007).

Mesmo com tantos dados publicados a respeito da influência de diferentes intensidades de pastejo do consórcio aveia + azevém sobre os componentes do sistema (solo-planta-animal), as leis de funcionamento das partes se modificam quando combinadas em outro nível de organização.

1.2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

A ciclagem e o balanço de nutrientes em sistemas integrados de produção são mais complexos uma vez que envolvem o componente solo, a planta e o animal. Neste sistema, a presença dos animais pode alterar a ciclagem e torná-la mais constante por modificar a forma de retorno dos nutrientes presentes no resíduo vegetal e animal, bem como as condições bióticas e abióticas do solo, alterando a velocidade de decomposição dos resíduos (Shariff et al., 1994; Ferreira et al., 2011).

Fatores bióticos e abióticos determinam a velocidade do processo de decomposição e definem a persistência desses resíduos na superfície do solo (Espínola et al., 2006). A decomposição dos materiais vegetais e dos dejetos dos animais é dependente da atividade microbiana, dos microorganismos do solo e do teor de matéria orgânica e está relacionada a fatores intrínsecos ao material como a composição dos tecidos e a fatores ambientais tais como a chuva e temperatura (Swift et al., 1979).

Entre os fatores intrínsecos ao material, a relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos adicionados ao solo assume importante papel na decomposição e na relação entre mineralização e imobilização de N a solução do solo. Em geral se aceita que quando os tecidos possuem alta relação C/N, inicialmente há um consumo do nitrato (NO^{-3}) existente no solo, que é incorporado ao protoplasma dos microorganismos e a matéria orgânica perde carbono, sendo este convertido a CO_2 , resultando numa imobilização líquida do NO^{-3} do solo. Entretanto, à medida que a relação C/N abaixa, surgem condições de mineralização da matéria orgânica (Tisdale et al., 1985).

Em condições de campo sob sistema plantio direto, o produtor preconiza a manutenção de resíduos, a fim de proteger a superfície do solo pelo maior período de tempo possível. Neste sentido, a biomassa residual da aveia + azevém, com maior relação C/N, forma uma cobertura morta estável, que contribui para a estruturação do solo e fornece proteção ao impacto de gotas de chuva e a radiação solar (Heinrichs et al., 2001). Por outro lado, resíduos com menor relação C/N favorecem a mineralização de N, com reflexos positivos sobre o suprimento desse nutriente as espécies não-leguminosas em sucessão (Teixeira et al., 1994; Assmann et al., 2003).

Neste sentido, o pastejo pode reduzir a relação C/N da pastagem bem como o total de biomassa remanescente pós pastejo o que diminui consequentemente a demanda microbiana por N durante a decomposição (Holland et al., 1992) e possíveis efeitos de imobilização de N. Ainda, o pastejo promove também um aumento na concentração de nutrientes nos tecidos

aéreos das plantas, permitindo assim uma maior ciclagem de nutrientes por aumentar a decomposição do material senescente, por alterar a qualidade dos resíduos animal e vegetal que retornam ao solo, bem como o ambiente de decomposição (Shariff et al., 1994).

A pesquisa na área de ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção busca melhorar o sincronismo entre a disponibilidade e a demanda de nutrientes pelas culturas e pelos animais (e.g, exigência nutricional em quantidades adequadas na hora certa e no local certo, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais) e ainda minimizar perdas de nutrientes por lixiviação, desnitrificação e volatilização ou mesmo a imobilização microbiana por longos períodos (Mathews et al., 2004).

Reconhece-se que a exportação de nutrientes pelo tecido animal e por seus produtos como carne, leite, lã, é baixa, variando de 5 a 30% do total ingerido, dependendo do produto animal comercializado. Assim, 70 a 95% do total de nutrientes ingerido, retorna ao solo pelas excretas dos animais sendo uma grande parte excretada via urina que dependendo da dieta, pode representar 50% ou mais do retorno do nitrogênio (Barrow & Lambourne, 1962), a qual é prontamente disponível para absorção pelas plantas o que acelera a ciclagem de nutrientes (Haynes & Williams, 1993).

Por outro lado, se reconhece que a remoção da biomassa vegetal do solo, associada ao pisoteio excessivo dos animais em altas intensidades de pastejo pode alterar as propriedades do solo a ponto de impactar negativamente os parâmetros de física de solo, das taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes. Estes parâmetros afetam a produtividade vegetal e animal no sistema produtivo. O resultado final é o início de um processo de degradação, com aumento da presença de plantas invasoras e incremento da superfície com solo descoberto e sujeito à processos erosivos e de compactação superficial do solo (Carvalho et al., 2011).

Neste contexto, Ferreira et al. (2011), avaliando a ciclagem de potássio (K) em pastagem de aveia + azevém manejadas a 10, 20, 30 e 40 cm e sem pastejo relataram que a ciclagem do K aumentou com o acréscimo da intensidade de pastejo. Relatam ainda que a exportação de K pelos animais foi pequena, atingindo valor máximo de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ na altura de pastejo de 10 cm.

Avaliando os mesmos tratamentos, Anghinoni et al. (2011) encontraram a partir da análise dos biomassa residual pós pastejo de aveia + azevém, uma decomposição mais rápida da pastagem em relação ao esterco, com menor persistência desses resíduos nos pastejos moderados manejados entre 20 e 30 cm de altura, com consequente liberação mais rápida de fósforo (P). Por outro lado, pastagens velhas com tecidos ricos em material estrutural como

celulose, hemicelulose e lignina, são mais resistentes à decomposição que tecidos mais pobres nesses materiais (Haag, 1985).

Observa-se que a ciclagem de nutrientes é fortemente afetada pelo componente animal a ponto de resultar em benefícios ou prejuízos ao sistema, dependendo entre outros fatores, da intensidade de pastejo utilizada. Entretanto, pouco se conhece sobre a influência das intensidades de pastejo sobre a decomposição da biomassa residual da aveia + azevém pós pastejo e a forma de como isto interfere na fertilidade do solo e na produtividade da cultura seguinte. Tampouco se conhece a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes de fertilizantes orgânicos, como a cama de aviário, fator este importante no manejo da adubação do solo.

1.2.3 ATIVIDADE AVÍCOLA E A CAMA DE AVIÁRIO

A indústria avícola possui a maior participação e as maiores taxas de crescimento na agroindústria mundial, devido ao fato da produção de frangos de corte ser a forma mais eficiente e barata de produzir proteína animal para alimentação humana. Os frangos são os animais mais eficientes em transformar grãos em proteína animal, em curto tempo, com utilização de pouco espaço, pouca água e energia (Oviedo-Rondón, 2008). Associada a este fator, a recente demanda por produtos alimentares com baixa concentração de gordura saturada e de menor preço tem conduzido uma intensa expansão da indústria avícola.

A atividade avícola industrial representa também, uma das principais fontes de renda para muitos produtores e estados do sul do Brasil. O estado do Paraná ocupa a liderança nacional na produção e exportação de carnes de frango. De acordo com a distribuição do efetivo animal, em relação ao total do estado, segundo as mesorregiões, o Oeste concentra o maior volume de aves, com 33,8% e em segunda posição, o Sudoeste, com 22,4%, seguido pela mesorregião Norte Central (13,4%) e Noroeste com 11%. O crescimento da avicultura de corte se deve a boa disponibilidade de matéria-prima (soja e milho), presença de cooperativas fortes e consolidadas, a necessidade de diversificação, o bom faturamento das indústrias e a abertura de mercados não tradicionais como a China e a Índia (Zanchet, 2008).

Nas exportações brasileira de carne, entre as quatro principais carnes exportadas (bovina, suína, frango e de peru), a de frango correspondeu a 65% do total ou 5,5 milhões de toneladas em 2010. A receita cambial geral, por sua vez, totalizou US\$ 13,6 bilhões ou 6,75% da receita cambial brasileira e aumentou 15,6% em relação ao ano de 2009 (Avisite, 2011).

O consumo médio *per capita*/ano de carne de frango no Brasil passou de 11,8 kg em 1988 para 37,8 kg em 2007 (UBA, 2008). A oferta interna cresce a uma taxa de 6,5% ao ano considerando as últimas três décadas e chega aos 44,5 kg *per capita*. Em 2004 o Brasil conquistou a liderança mundial na exportação de frango, quando ultrapassou os Estados Unidos, que era o maior produtor de frangos do mundo (Martins, 2005) exportando para mais de 150 países (Avisite, 2009a).

Observa-se que a avicultura teve nos últimos anos altos índices de crescimento. No entanto, este rápido crescimento e intensificação da produção avícola tem criado preocupações ambientais. Nos últimos anos, ocorreu uma especialização na produção de aves de corte devido à pressões impostas pelo modelo capitalista. Muitas vezes, a reduzida margem de lucro, obriga os produtores a aumentarem a escala de produção para não serem excluídos do processo produtivo. Um destes exemplos é a tendência de substituição de aviários padrões com dimensões de 100 m de comprimento por 12 m de largura e capacidade de alojar cerca de 20 mil aves, por aviários maiores, com dimensões de 155 m de comprimento por 32 m de largura, capazes de alojar 90 mil aves (Avisite, 2009b).

Este rápido e concentrado crescimento da indústria tem causado crescente preocupação sobre a forma de descarte dos resíduos das aves em relação à poluição ambiental. Apesar da cama de aviário ser um das melhores fontes de fertilizante orgânico disponível, aplicações excessivas como acontece com qualquer fertilizante, podem causar problemas ambientais.

Produção de cama de aviário

A cama de aviário, utilizada com objetivo de forrar o piso de uma instalação avícola, serve como isolante térmico absorve o impacto do peso da ave e absorve a fração líquida das excretas. É uma mistura de um material utilizado como cama, esterco das aves, alimentos desperdiçados, penas e solo apanhado no processo de limpeza do aviário. Durante o ciclo de produção, as dejeções dos animais são misturadas ao material usado como substrato, e no final de um ou vários ciclos de produção, têm-se a cama de aviário ou esterco de aviário que pode ser retirada ou reaproveitada para criar o lote seguinte (Moore et al., 1995a).

O tipo de material utilizado como substrato para a cama por muitos anos se restringiu apenas à maravalha, que acabou se tornando progressivamente mais escassa e com maior valor de mercado uma vez que a sua obtenção, em muitos casos, depende de fornecedores

distantes, aumentando acentuadamente seu custo (Ávila et al., 2007). Em função disto, material alternativo à maravalha como cama de aviário vem sendo avaliado. Ainda, o uso de material alternativo depende muito da disponibilidade deste material na região, mas normalmente inclui pó de serra, casca de arroz, sabugo de milho triturado, casca de amendoim, casca de arroz, palha de trigo, palhadas de culturas em geral e fenos de gramíneas.

Ávila et al. (2007) avaliando alguns materiais alternativos ao uso da maravalha como casca de arroz, sabugo de milho triturado, capim cameron picado, palhada da soja picada, resto da cultura do milho picado, serragem e a própria maravalha ao longo de seis lotes consecutivos observou que não houve efeito significativo entre os diferentes materiais utilizados como cama para o consumo de ração e ganho de peso dos frangos. Os autores concluíram que é possível utilizar qualquer um dos materiais estudados, ficando a escolha na dependência da disponibilidade, qualidade, custo ou finalidade de sua utilização após o descarte do lote.

A escolha do material a ser utilizado como substrato na cama é de relevante importância uma vez que no Brasil, há aproximadamente 4,98 bilhões de aves de corte (IBGE, 2011). Ainda, considerando uma produção de 1,3 kg de cama por ave por ciclo (Bellaver & Palhares, 2003) é possível estimar que em 2011, a produção de cama foi de 6,5 milhões de toneladas. Diante deste contexto, a cama de aviário se destaca como opção de fertilizante por apresentar grande oferta e altas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (Preusch et al., 2002). Ainda, o uso da cama como fertilizante orgânico não ajuda apenas a superar os problemas de descarte destes resíduos, mas também melhora a qualidade física, química e biológica dos solos (Nyakatawa et al., 2001; Friend et al., 2006; McGrath et al., 2009) e promover incremento na produtividade da soja (Adeli et al., 2005), milho (Wood et al., 1996), algodão (Mitchell & Tu, 2005) e pastagens (Sistani et al., 2004).

Tendo em consideração a produção total de cama em relação à área agrícola brasileira, percebe-se que há demanda para uma quantidade muito superior de nutrientes do que atualmente é produzido via cama. Entretanto, o problema é a forma concentrada de como estes resíduos estão sendo produzidos. Nos principais estados produtores, como Santa Catarina, por exemplo, a quantidade de nutrientes gerados via produção de frangos excedem as necessidades das culturas em algumas áreas localizadas, especialmente porque a produção de aves é frequentemente concentrada em regiões com pequenas propriedades, aonde a disponibilidade de terras aptas para a aplicação da cama de aviário é limitada.

Considerando a produção de 1,3 kg de cama por ave por ciclo (Bellaver & Palhares, 2003), capacidade de lotação de 90 mil aves, ciclo de produção de 35 a 40 dias ou no mínimo 8 lotes por ano, estima-se uma produção em torno de 900 toneladas de cama por aviário, o que aplicados a uma quantidade de 10 toneladas por hectare poderia adubar mais de 90 hectares por ano, isto, um único aviário. Assim, unidades maiores e concentrações dos dejetos em poucas unidades de produção podem resultar em maiores riscos ambientais, principalmente considerando o fato de que geralmente estes aviários estão alocados em pequenas propriedades de relevo fortemente ondulado (Fernandes Filho & Queiroz, 2002).

Ainda, o uso destes resíduos avícolas tem sido historicamente limitado a alguns quilômetros do local de origem devido a sua baixa densidade, geralmente menos de 500 kg/m³ (Bernhart & Fasina, 2009). Para Moore et al. (1995a), o transporte da cama de aviário é geralmente restrito a menos de 40 km. Obviamente, ser capaz de transportar a cama de aviário a maiores distâncias da fonte de produção aumenta a superfície de aplicação ao solo e reduz problemas ambientais.

Esta inflexibilidade pode resultar na aplicação de cama de aviário em áreas com elevados teores de P e N oriundos de aplicações anteriores ou em áreas com alto potencial de lixiviação. Por conseguinte, recomendações sobre as taxas de aplicação de esterco devem ser flexíveis considerando diferentes tipos de solos e topografia dos locais de aplicação.

Ainda, este fator se agrava porque para facilitar o transporte de pintinhos, ração e frangos para o abate, as empresas localizam seus incubatórios, fábricas de rações, granjas e abatedouros a distâncias equidistantes (Oviedo-Rondón, 2008). Este arranjo indica uma grande concentração de aves em áreas relativamente pequenas, ocasionando um possível impacto ambiental em função da enorme produção de resíduos (Moore et al. 1995a).

Algumas estratégias como a compactação da cama a fim de melhorar o processo de armazenamento e transporte tem sido estudada, mas de forma ainda amadora uma vez que vários são os fatores que afetam a sua eficiência (Bernhart et al., 2010).

Fatores que afetam a qualidade da cama de aviário

Edwards & Daniel (1992) citam diversos fatores que podem influenciar a composição física e química da cama de aviário, tais como a idade de abate dos animais, a densidade de confinamento, a conversão alimentar, a mortalidade, o tipo de alimento dos frangos, a umidade do material absorvente, o tipo de piso, a quantidade de material adicionado entre

lotes, se o material foi revolvido entre a saída e início de novos lotes de animais, as condições climáticas ocorridas durante a criação e o tempo de armazenamento antes da aplicação, principalmente se a cama ficar exposta a campo, desprotegida da chuva e sol. Dentre todos estes fatores, Edwards & Daniel (1992) enfatizam que o número de lotes criado sobre a mesma cama e o tipo e a quantidade de material que é utilizado como substrato são os fatores mais importantes e determinantes da qualidade como fertilizante deste resíduo avícola.

A variabilidade destes fatores pode resultar em uma grande diferença na composição química da cama de aviário e por isso a importância do seu correto manejo. A amostragem para análise, também desempenha um papel importante, uma vez que há uma grande variação na composição da cama em função do local de coleta (centro, comedouro e bebedouro). Ainda, a amostragem tem uma forte influência sobre os resultados obtidos, pois controla o quão bem as amostras representam o total de nutrientes da cama em consideração. O número de sub-amostras depende do local de coleta, ou seja, se coletada no chão ao longo do aviário ou nos montes, durante ou após a limpeza do aviário.

Dou et al. (2001), relatam que quando a amostragem é feita nos montes durante o processo de limpeza, 3 a 5 sub-amostras por amostra composta são suficientes e apresentam variação inferior a 10% nos valores, entretanto relata que para amostras coletadas diretamente do assoalho do aviário, 75 sub-amostras são necessárias para obter o mesmo nível de acurácia das amostras coletadas nos montes.

Tasistro et al. (2004), confirmam que amostras coletadas dos montes são mais representativas e homogêneas e representam melhor a composição da cama devido ao processo de mistura que ocorre durante o processo de limpeza dos aviários.

É importante salientar que a aplicação de cama de aviário baseando-se na sua qualidade, pode trazer consigo erros, devido a grande variabilidade associada à amostragem da cama. Por exemplo, variabilidade nas amostras de 10 a 15 g N por kg de cama podem representar um erro significativo para mais ou para menos na necessidade de N (Moore et al., 1995a).

Considerando uma aplicação de 10 t ha^{-1} de MS de cama com uma concentração de N de 25 e 35 g kg^{-1} (variação de 15 g N por kg de cama), a aplicação total de N seria de 200 e 350 kg ha^{-1} respectivamente, ou seja, uma variação de 175%. Assim, a importância de uma correta amostragem e análise da cama e a proximidade entre a coleta, a análise e a aplicação a campo são muito importantes.

Adubação orgânica com cama de aviário

Devido à sua relativa baixa umidade e alta concentração de macronutrientes, o esterco de frango é geralmente considerado o esterco animal mais valioso para fins de adubação (Wilkinson, 1979). A elevada concentração de nutrientes da cama se deve ao fato de que os frangos consomem de 2,5 a 3 kg de ração até os 35 dias de idade e aproximadamente 55% do N total, 70% da P e 80% do K consumidos são excretados nas fezes (Leytem et al., 2007).

Zhang et al. (2002), avaliando 240 amostras de cama de aviário de frangos de corte encontrou valores médios de 2,8% de N, 2,7% de P e 2,3% de K, com teores de umidade de 23% e pH de 7,1%. A concentração nutricional da cama é muito importante, uma vez que a quantidade a ser aplicada varia em função da sua concentração nutricional e da exigência da cultura a ser cultivada, além da sua velocidade de decomposição e liberação de nutrientes.

Também, a decisão pelo uso ou não da cama em relação à adubação mineral depende da sua concentração química e teor de macronutrientes. O valor da cama de aviário é normalmente determinada por comparação com fertilizante comercial, considerando os valores N, P e K. Entretanto, é importante considerar que a cama de aviário contém também cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), micronutrientes e matéria orgânica que adicionam outros valores em relação ao fertilizante mineral.

Além dos benefícios que a cama de aviário traz ao fornecer nutrientes para a produção vegetal, as moléculas de carbono (C) presentes nos materiais estruturais da cama podem construir reservas de matéria orgânica no solo, trazendo outros benefícios para a produção agrícola, como aumento na capacidade de retenção e infiltração da água e conteúdo de água no solo, maior capacidade de troca catiônica e estabilidade estrutural. Kingery et al. (1993) demonstraram que aplicações de cama de aviário promovem um aumento no C orgânico e N total em profundidades de 15 e 30 centímetros, respectivamente.

Adeli et al. (2008), após três anos de uso consecutivos de cama de aviário (7.8 t ha^{-1}) observaram aumento no C total de $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ ou 14% em relação ao tratamento controle. Parker et al. (2002) também observaram aumentos no carbono total avaliado na camada de 0 a 15 cm de profundidade após a aplicação de $6,7 \text{ t ha}^{-1}$.

Zhang (1998) relata que solos que receberam cama de aviário por cinco anos apresentaram maior pH em relação a solos que não receberam cama no mesmo período. O autor comenta também, que a cama de aviário manteve o pH ideal para a maioria das culturas, entretanto, solos que receberam adubação mineral tiveram de ser calcariados para correção de

pH. Conclui afirmando que o uso da cama de aviário pode, além de fornecer nutrientes, corrigir a acidez do solo, reduzir a toxicidade de alumínio e ainda aumentar a disponibilidade de fósforo.

Sistemas de manejo de uso da cama que atendam tanto o meio ambiente quanto a produção das culturas, devem considerar a exigência da cultura a ser adubada, bem como a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes da cama. Na recomendação da adubação, os valores da concentração de nutrientes da cama, não podem ser equiparados aos encontrados nos fertilizantes comerciais, uma vez que a maior parte dos nutrientes faz parte de compostos orgânicos e precisam ser mineralizados para se tornarem disponíveis para as plantas.

Tradicionalmente, a aplicação de cama de aviário tem sido baseada em metas de produtividade e conhecimento da utilização do N da cama pela cultura (Brink et al., 2002). A disponibilidade destes nutrientes é afetada pela composição nutricional da cama e por processos biológicos do solo que controlam a liberação destes para a solução do solo. Ainda, a determinação da quantidade ideal de N a ser aplicada se torna um grande desafio, pois efeitos imprevisíveis de clima podem influenciar os processos de volatilização e mineralização e consequentemente a quantidade de nutrientes disponível para as plantas durante a estação de crescimento (Adeli et al., 2006). Diante disto, para aperfeiçoar o uso de fontes orgânicas, informações sobre o padrão de mineralização de N e P destes fertilizantes se tornam necessárias, uma vez que dispondo destes dados, é possível melhor determinar os níveis de adubação, momento e formas para aplicação.

A decomposição de resíduos com concentração de nitrogênio inferior a 2% ou com uma relação C/N maior que 25, conduz inicialmente a uma imobilização de nitrogênio mineral, enquanto materiais com concentração de nitrogênio superiores a 2% ou com relação C/N menor que 25, liberam o nitrogênio mineral. De fato, é conhecido que a concentração de nitrogênio e relação C/N são os principais fatores que determinam a velocidade com que os resíduos das plantas e dos esterco são mineralizados e os nutrientes liberados ao solo. Todavia há outros fatores que podem alterar esse fornecimento como, por exemplo, concentração de lignina ou relação lignina/nitrogênio (Myers et al., 1994).

Ainda, grande parte dos nutrientes da cama de aviário se encontram na forma de compostos orgânicos (> 90 do N e 60% do P) e necessitam ser mineralizados, para se tornarem disponíveis às plantas. Assim, grande parte do P e N não é imediatamente disponível para as plantas (Edwards & Daniel, 1992). Deste modo, quando altos níveis de fertilizantes

orgânicos são aplicados (10 a 15 t ha⁻¹), estes tendem a disponibilizar os nutrientes de forma gradual ao solo.

Alguns autores sugerem que, dependendo do tipo da cama, 80% do P₂O₅ aplicado mineraliza no primeiro cultivo e 20% no segundo; o mesmo ocorre com o nitrogênio, nas taxas de 60 e 20% para o primeiro e segundo cultivos, respectivamente. A partir do terceiro cultivo, a totalidade do N, P₂O₅ e K₂O aplicados na forma de esterco já se encontra mineralizada e a quantidade disponível nesse cultivo dependerá das doses aplicadas anteriormente e dos fatores que afetam o efeito residual de cada nutriente (Kiehl, 1985).

Assim, o nível de aplicação baseado na análise do solo também deve considerar os efeitos residuais da cama de aviário, possivelmente resultando em uma redução nas taxas de aplicação no ano seguinte a aplicações.

Uma vez removido do aviário, esse material pode ser diretamente aplicado ao solo ou temporariamente armazenado. O seu armazenamento anterior à aplicação no solo permite uma flexibilidade na época de aplicação e uma consequente sincronização entre a liberação de nutrientes da cama com a necessidade da planta, o que diminui o risco de contaminação do meio ambiente. Entretanto, a exposição da cama às condições climáticas pode influenciar a taxa de volatilização de amônia e provocar a perda de qualidade da cama.

O mau armazenamento da cama, deixada a campo em montes a céu aberto, expostos a sol e chuva, muitas vezes por meses antes de serem aplicados a campo, resulta em grande perda de qualidade devido à volatilização da amônia. O correto é armazenar a cama em estruturas telhadas para evitar a decomposição e reduzir o risco de contaminação ambiental, bem como a liberação de odor. Ainda, na ausência de estrutura metálica, a cobertura plástica pode proteger a cama por um curto período de tempo.

Durante este período de armazenamento é possível que seja realizado a compostagem da cama de aviário com a combinação do material orgânico com a água e oxigênio. A compostagem reduz o volume e o peso original do substrato orgânico e ao final, apresenta um material que é biologicamente estável, sem cheiro e útil a adubação do solo (Moore et al., 1995a).

Problemas ambientais do uso da cama de aviário

O esterco associado ao material utilizado para forrar o piso dos aviários na produção de frangos de corte, as aves mortas e os resíduos gerados a partir de operações como o abate

são os três resíduos que mais preocupam na produção de aves (Edwards & Daniel, 1992). O uso agrícola destes resíduos como fertilizante agrícola oferece a melhor solução para o descarte destes resíduos gerado nas explorações avícolas no Brasil.

A utilização da cama de aviário como fertilizante é o método mais comum e geralmente a forma mais desejável de utilização destes resíduos, pois fornece nutrientes benéficos ao solo e proporciona aumento do teor de matéria orgânica (Kingery et al., 1993). No entanto, a larga expansão da avicultura com aumento no número e no tamanho dos produtores tem levantado alguns questionamentos sobre a capacidade do solo de assimilar os nutrientes presentes na cama, especialmente em situações de reaplicação, o que pode levar a excessos de nutrientes e criar um potencial de contaminação ambiental, se estes resíduos não forem devidamente geridos.

Os mesmos nutrientes que tornam o esterco de aves um bom fertilizante, podem em algumas circunstâncias se tornarem prejudiciais ao ambiente. A aplicação contínua de cama de frango pode ter consequências ambientais negativas. A amônia e o nitrato são as duas formas minerais de nitrogênio mais comuns nos resíduos avícolas. O íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio na cama de aviário, o qual é convertido em amônia (NH_3^+) com a elevação do pH e sob condições de umidade (Oviedo-Rondón, 2008). Por isso é importante evitar a elevação do pH do solo, uma vez que pH elevado pode favorecer a perda de NH_3^+ .

A volatilização da amônia pode ocorrer ainda no aviário, o que além de contribuir para a poluição atmosférica, afeta negativamente o desempenho das aves por causar problemas respiratórios e odor desagradável e resulta em uma grande perda de N que poderia ser utilizado como fertilizante em pastagens e culturas anuais, diminuindo o valor do fertilizante.

Existem vários métodos para diminuir a perda de N da cama de aviário, as quais incluem a manipulação da dieta, ventilação adequada, a gestão cuidadosa da cama desde a manipulação até a armazenagem, uso de técnicas de aplicação e o uso de aditivos minerais à cama de frango (Choi & Nahm, 2005; Ferguson et al., 1998). As perdas por volatilização de amônia variam muito, dependendo das práticas de manejo e condições ambientais. Para Chambers et al. (1997) e Moss et al. (1995), as perdas de amônia na Europa a partir da aplicação da cama de frango na superfície do solo geralmente variam de 15 a 45%. Características do solo como pH, temperatura, teor de umidade e capacidade de troca de cátions também podem influenciar a volatilização de N (Reece et al., 1979; Sommer & Olesen, 1991).

O pH da cama é um dos fatores mais importantes que podem afetar a liberação de NH_3^+ . Reece et al. (1979) relataram baixa volatilização de NH_3^+ da cama com pH inferior a 7, entretanto, observaram alta liberação em cama com pH acima de 8. Carr et al. (1990), também observaram que a volatilização de NH_3^+ de cama de aviário aumentou a medida que o pH aumentou.

A taxa de volatilização da amônia aumenta com o aumento da temperatura (Svensson, 1994; Sommer & Olesen, 1991) com maior efeito nas primeiras horas após a aplicação (Sommer & Olesen, 1991). Perdas menores no outono são resultado de temperaturas mais baixas, que fornecem menos energia para a volatilização. O contato da cama com o solo também é importante no sentido de reduzir a área de volatilização.

Alguns pesquisadores observaram também uma relação linear entre a perda de amônia com a velocidade do vento devido a maior transferência de massas de ar e troca de ar entre a superfície com a cama e a atmosfera (Thompson et al., 1990).

Um dos fatores que também afetam a liberação de odor e a perda de amônia é o teor de umidade da cama. Muitas vezes, é possível comparar a volatilização de amônia com a evaporação da água. O teor de umidade não é um problema tão grave uma vez que as unidades de produção atuais produzem resíduos relativamente secos, contendo entre 65 e 80% de MS, entretanto, quando exposto ao ambiente (chuva), a umidade pode se tornar um problema. O teor de umidade da cama é importante por três aspectos: afeta o custo do transporte, uma vez que aumenta o peso da carga, teores de umidade acima de 25% podem ser biologicamente instáveis, podem aquecer e produzir gases voláteis e baixos teores de umidade (<20%), também, pode ser um problema por ser abrasivos aos equipamentos e dificultar a homogeneidade de aplicação (Zhang et al., 2002).

Zhang et al. (2002) avaliando 240 amostras de cama de aviário observou que a qualidade deste resíduo é largamente influenciada pelo seu teor de umidade. Também relatou que quanto maior o teor de umidade da cama, maior a perda de amônia e consequentemente, maior a liberação de mau odor, dado este que se agrava quando a cama de aviário fica exposta ao tempo (chuva), em montes no campo por longos períodos. Coyne et al. (1995) relatam que a liberação de óxido nítrico, um componente liberado sob condições similares a da amônia aumentou significativamente após uma chuva. Cabrera & Chiang (1994), também observaram aumento na volatilização da amônia e desnitrificação da cama, quando em condições de umidade. A umidade relativa foi negativamente correlacionada com a liberação de amônia da

cama de peru (Nathan & Malzer, 1994), possivelmente explicada devido à diminuição do gradiente entre a interface ar-solo.

Sharpe et al. (2004), estudando a volatilização da amônia após aplicação da cama de aviário a campo relatou que esta ocorre de forma rápida e imediatamente após a aplicação parando dentro de 7 a 8 dias, podendo variar de 5 a 24% do N total aplicado, com maiores perdas sob condições de ambiente quente, seco e ventoso. Wolf et al. (1988) constatou que 37% do N total, aplicado sobre a superfície de uma pastagem, foi perdido por volatilização após 11 dias de aplicação. Com a inclusão das perdas no manuseio, este número aumentaria para mais de 50% do N total. Lockyer et al. (1989) observou uma volatilização de amônia de 100 a 125 mg/m³ por hora nas primeiras 12 horas após aplicação, sendo que estes níveis caíram a níveis negligenciáveis após 24 horas de aplicação.

Alguns pesquisadores, têm ainda observado, taxas lineares de volatilização da cama de aviário por até três semanas após aplicação (Chambers et al., 1997). Por outro lado, Marshall et al. (1998,) encontraram perdas inferiores a 7% do N total aplicado em cama de aviário. Essas diferenças se devem basicamente às diferentes condições climáticas ocorridas durante o manuseio e após a aplicação.

A ocorrência de chuvas logo após a aplicação da cama pode reduzir a volatilização de amônia por mover o amônio para dentro do solo, onde é preso pelos colóides do solo. Sharpe et al. (2004) relata que uma chuva de 17 mm após a aplicação da cama reduziram significativamente o processo de volatilização provavelmente pelo transporte do N solúvel para dentro do perfil do solo, demonstrando que a aplicação da cama anteriormente a uma chuva reduziria a perda de N para a atmosfera. Pain & Misselbrook (1997) relatam redução de um terço na volatilização da amônia devido a uma chuva de 18 mm após a aplicação de dejetos de bovinos. Para Bussink & Oenema (1996), chuvas leves de 7 a 9 mm foram capazes de reduzir as perdas de amônia da uréia.

Muitos cientistas relataram também, que o método mais eficiente para inibir a perda de NH_3^+ é a utilização de produtos minerais tais como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (Moore et al., 1996) e $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Choi, 2004). Estes produtos tem sido classificados por Charlile (1984) em produtos que inibem o crescimento microbiano e a produção de urease (o que reduziria a produção de ácido urico), argilas que absorvem o NH_3^+ e diminuem a sua volatilização e agentes acidificantes que convertem NH_3^+ a NH_4^+ , este não volátil.

Para os agentes acidificantes, Moore et al. (1995b) descobriram que a adição de sulfato de alumínio na cama de aviário diminui a volatilização de NH_3^+ em 99% em condições

de laboratório, o que resultou em maior teor de N total na cama. A adição de fertilizantes fosfatados solúveis em água (excluindo o fosfato de amônio), que reagem com a amônia em adubos para formar os fosfatos de amônio, foram apresentadas como uma alternativa para conservar o N (Mitchell et al., 1990) evitando a volatilização da amônia. Entretanto, considerando que a relação N/P da cama de aviário é muito inferior (cerca de 2/1) do que a proporção de N/P (cerca de 8/1) retirado do solo pelas culturas, aplicações repetidas e/ou pesadas de cama de aves pode resultar em um acúmulo de P (Brink et al., 2002; Lucero et al., 1995; Stephenson et al., 1990), sendo que adições de fosfatos solúveis em água a cama das aves aumentaria ainda mais a concentração de P, o que pode ser indesejável a partir de uma perspectiva ambiental. Os excessos no solo de P podem ser controlados através da rotação de cultivos de grãos com pastagens, produção de silagem e feno.

Além das preocupações com a volatilização da amônia, uma das preocupações primárias com a aplicação excessiva de cama de aviário é a lixiviação de nitratos a águas subterrâneas (Sims & Wolf, 1994). De um modo geral, os danos ambientais provocados por contaminação por nitrato estão relacionados com aplicações excessivas de cama de aviário ou além das taxas agrônomicas recomendadas. Kingery et al. (1993) encontraram acúmulo de nitrato no solo a 3 m de profundidade em locais com uso de altas quantidades de cama de aviário. Do ponto de vista da água superficial, P é o elemento de principal preocupação, uma vez que a sua aplicação em excesso pode promover acúmulo de P próximo à superfície do solo, sujeito assim a ser perdido promovendo a eutrofização das águas, problema comum em países como os Estados Unidos (Schindler, 1978).

Também em relação a problemas ambientais do uso da cama, a presença de bactérias nas fezes das aves e na cama de aviário como *Escherichia coli* e *Salmonella* podem contaminar a água superficial e consequentemente o ser humano. Neste sentido, o uso da compostagem aparece como uma forma eficiente em reduzir a população bacteriana da cama de aviário (Oviedo-Rondón, 2008).

Outro aspecto importante em relação à cama é a presença de elementos tóxicos. Apesar de alguns destes elementos serem essenciais as plantas, quando em excesso, podem se tornar tóxicos por afetar negativamente os organismos que se alimentam destas plantas (Merrington et al., 1997) e por causar contaminações da água e do solo. As rações das aves têm altas quantidades de ferro e zinco, sendo comum observar níveis de 1625 e 315 mg kg⁻¹ destes minerais traço na cama de frangos (Stephenson et al., 1990) o que pode resultar em

acúmulo e altas concentrações destes minerais em solos com aplicação constante de cama por vários anos (Jackson et al., 2003).

Gupta & Charles (1999) avaliando a concentração de As, Cd, Cu, Pb, Mn e Zn em solos agrícolas nos quais foram feitas aplicações de 9 t ha^{-1} de cama a cada dois anos ao longo de 20 anos relata que os teores de As, Cd, Cu e Mg foram maiores nos solos fertilizados com cama em relação ao tratamento controle sugerindo o acúmulo potencial destes elementos após aplicações contínuas da cama por longos períodos sendo que mais de 50% dos metais foram encontrados na camada de 0-20 cm de solo. As concentrações de Pb e Zn no entanto, não diferiram entre os tratamentos. O risco associado com o uso de cama depende da habilidade do solo em adsorver estes elementos tóxicos, sendo esta maior para solos com alto teor de matéria orgânica e argila (Pierzynski et al., 1994).

Além da presença de elementos tóxicos, aditivos alimentares tais como antibióticos, produtos a base de arsênio, coccidiostatos ou larvicidas também podem ser encontrados em resíduos avícolas. Os antibióticos são cada vez menos frequentes devido à restrição, voluntária ou mandatória, da adição destes produtos na ração das aves pressionada principalmente pelos consumidores (Oviedo-Rondón, 2008). Entretanto, em situações com incidência de doenças, antibióticos ainda são utilizados em aviários (Williams et al., 1999).

Existe pouca informação do efeito dos antibióticos sob plantas, água ou solo (Sims & Wolf, 1994) e o estudo das consequências da aplicação de cama de aviário cotendo estes resíduos químicos não tem sido estudado. Apesar do uso de antibióticos como promotores de crescimento ser relatado nos EUA, o seu potencial de risco ambiental via proliferação e transporte de bactérias resistente a antibióticos via aplicação da cama não tem sido documentada (Brooks et al., 2009). Sabe-se no entanto, que mesmo em baixas concentrações, antibióticos apresentam efeitos a longo prazo e podem apresentar riscos aos ecossistemas e ao ser humano. A toxicidade crônica pode ocorrer devido ao acúmulo e a baixa capacidade de eliminação destes destas substancias no organismo humano (Oviedo-Rondón, 2008).

A concentração de resíduo químico encontrado em cama de aviário está relacionada com a quantidade, a frequência de aplicação, retenção e a estabilidade do produto (Nahm, 2005; Karci & Balcioglu, 2009). É importante ressaltar que a compostagem de resíduos orgânicos, incluindo a cama de aviário é capaz de reduzir a concentração da maioria dos pesticidas orgânicos presentes na sua composição (Kawata et al., 2006).

Além do efeito nocivo no meio ambiente da presença de antibióticos nos resíduos avícolas, Nahm (2005) relata que a presença de antibióticos e coccidiostáticos na cama de

aviário reduz a decomposição da cama e a resposta das culturas ao seu uso. Embora a produção avícola propicie incentivos econômicos para que pequenos agricultores continuem suas atividades, problemas criados pela utilização de cama podem gerar sérias consequências ambientais. Para Bosch & Napit (1992), regulamentos que exigem um plano de eliminação segura dos resíduos gerados se fazem necessário para evitar problemas ambientais.

Atualmente, os integradores tais como cooperativas e empresas como Coasul, Aurora, Brasil Foods S.A entre outras prescrevem quase tudo no processo produtivo, desde alimentos, luz, temperatura, ventilação e medicamentos, requisitos dos quais os produtores que desejam criar aves devem se adequar. Embora esses contratos ocasionalmente cobrem certas áreas de disposição de resíduos, como no caso da eliminação de aves mortas, eles raramente incluem gerenciamento da cama gerada. Entretanto, a resolução de qualquer problema ambiental gerado pelo esterco, seria muito mais fácil solucionada, se estes integradores se envolvessem mais com a gestão da cama, ao invés de utilizarmos regulação governamental e/ou subsídios.

Faz-se necessário o uso de métodos mais efetivos para aproveitamento deste recurso a fim de minimizar o possível impacto ambiental, sendo que para atingir este objetivo, são necessários procedimentos que incluem planejamento, capacitação do pessoal, zoneamento das áreas para dispor dos resíduos finais nas glebas, isolamento da granja, nutrição com precisão, praticas de manejo da cama e galpão, e correto manejo da cama desde a escolha do material utilizado como cama até o armazenamento e aplicação a campo.

1.1.4 CULTURA DO MILHO E A ADUBAÇÃO NITROGENADA

A produção nacional de grãos estimada na safra 2009/2010 foi de 141,35 milhões de toneladas, sendo que em torno de 35% deste total, ou 50 milhões de toneladas serão representados pelo milho, que embora constitua um dos principais cereais do segmento produtivo agrícola no Brasil, ainda apresenta baixa produtividade, em torno de 3.906 kg ha^{-1} (Conab, 2010). Segundo o USDA (2010), a produção mundial de milho na safra 2008/2009 foi de 791,6 milhões de toneladas, sendo 38,8% deste total representando pelos EUA que obtiveram uma produtividade média de 9.344 kg ha^{-1} de grãos, tendo em segundo lugar a China com 20,9% deste total e uma produtividade média de 4.933 kg ha^{-1} . O Brasil aparece com 6,4% da produção mundial com algo em torno de 50 milhões de toneladas.

Diante do cenário mundial pode-se afirmar que o Brasil contribui pouco uma vez que apresenta enorme potencial de produção. Alguns fatores têm contribuído para melhorar a

produtividade de milho no Brasil tais como a adaptação de cultivares as mais variadas situações de clima e solo, melhoramento genético, a melhoria de propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados e a adoção de práticas culturais mais adequadas no controle de plantas daninhas e pragas. Entretanto, o Brasil apresenta baixa produtividade quando comparada aos principais países produtores, sendo que a produtividade do milho pode e deve ser melhorado. Essa baixa produtividade está relacionada, em grande parte, com o baixo nível tecnológico empregado na produção, principalmente no quesito adubação de base e adubação nitrogenada.

Para tanto, faz-se necessário que um maior número de produtores passe a adotar técnicas de cultivo, que proporcionem aumentos em produtividade e renda líquida, das quais se pode destacar a adubação nitrogenada, seja na forma de compostos orgânicos como a cama de aviário, seja na forma mineral pelo uso de fontes como uréia ou sulfato de amônio.

Nitrogênio na cultura do milho

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes na natureza (78% do ar), entretanto, o mesmo não está diretamente disponível à planta (Malavolta, 1980). É um dos nutrientes mais absorvidos pela cultura do milho e justamente por esta razão, geralmente é o elemento mais limitante, caso não seja suprido adequadamente em tempo e em quantidade exigida pelas plantas. Em geral, 70 a 90% dos experimentos de campo realizados no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de N na cultura do milho (Coelho, 2003).

A adubação nitrogenada do milho, entre os temas sobre adubação de culturas, é um dos itens mais estudados. Inúmeras pesquisas têm sido feitas nos sentido de identificar qual o melhor momento de aplicação, qual a dose recomendada, tipos de fonte, manejo da adubação nitrogenada de inverno sobre o desenvolvimento da cultura de verão (Argenta & Silva, 1999; Amado et al., 2002; Pöttker & Wiethölter, 2004; Silva et al., 2005; Bortolini et al., 2001; Assmann et al. 2003).

Entretanto, poucos são os trabalhos que avaliam a adubação orgânica com cama de aviário sobre a produção do milho. Diante deste contexto, trabalhos que avaliam o efeito da cama de aviário sobre a produtividade do milho são importantes, seja pela carência de dados, seja pela grande disponibilidade deste resíduo agrícola e seu potencial de uso.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo, CQFS – RS/SC (2004), a recomendação de adubação nitrogenada na cultura do milho deve ser baseada no teor de

matéria orgânica do solo, na expectativa de rendimento de grãos e na cultura antecedente. Em anos nos quais as condições climáticas são favoráveis à cultura, a quantidade de N requerida via adubação para otimizar a produtividade de grãos, pode alcançar valores superiores a 150 kg ha⁻¹. Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos varie entre 20 a 28 kg ha⁻¹ de N (Cantarella, 1993).

Esta quantidade tão elevada, dificilmente é suprida somente pelo solo, havendo necessidade de usar outras fontes suplementares deste nutriente. Dentre estas, destaca-se a utilização, isolada ou combinada, de adubos minerais, leguminosas e esterco (Amado et al., 2002). Os principais processos de aquisição do N atmosférico e de transferência deste nutriente para o solo e posteriormente para a planta são: a fixação biológica por leguminosas e a fixação industrial como fertilizante, sendo este um nutriente de custo elevado, principalmente pelos altos gastos de energia para a sua obtenção (Hungria et al., 1994).

O N é responsável por grande parte do gasto com as adubações, além de ser um dos elementos que mais contribui para a contaminação de lençóis freáticos. Diante disto, é importante que a quantidade de N a ser aplicada bem como a forma de aplicação seja a mais exata possível, minimizando tanto os excessos, que prejudicam a qualidade ambiental e oneram o produtor, quanto os déficits, que comprometem o rendimento projetado e a lucratibilidade (Amado et al., 2002). Faz-se necessário também o estudo de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos minerais e que reduzam o custo de produção tornando-os mais eficientes, sendo o aproveitamento de resíduos gerados pela indústria avícola (cama de aviário) uma das opções.

A adubação nitrogenada deve satisfazer o requerimento da cultura, com o mínimo de risco ambiental. Para tanto, é necessário que a recomendação da dose de adubo nitrogenado seja a mais exata possível. Existem vários fatores que podem interferir na resposta do milho à aplicação de N em semeadura direta após aveia + azevém. Dentre estes, destacam-se a disponibilidade inicial de N no solo, o sistema de rotação de culturas e o tempo de adoção do sistema de semeadura direta (Argenta & Silva, 1999). A disponibilidade de N no solo e, portanto, a resposta à adubação nitrogenada pela cultura do milho, em sucessão à aveia preta, depende dos processos microbianos de imobilização e mineralização ocorrentes durante a decomposição dos resíduos culturais. A complexidade dos fatores que influenciam esta resposta aumenta, quando a fonte de nitrogênio for oriunda de uma fonte orgânica como cama de aviário, uma vez que a maior parte deste nitrogênio precisa ser mineralizado para se tornar disponível as plantas, sendo também influenciado pelos fatores discutidos anteriormente.

**CAPÍTULO 2. INTENSIDADES DE PASTEJO NA PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO
DA BIOMASSA DE AVEIA + AZEVÉM EM PASTEJO ROTATIVO**

Intensidades de pastejo na produção e decomposição da biomassa de aveia+azévem em pastejo rotativo

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades de pastejo caracterizadas por diferentes alturas de pastejo da pastagem consorciada entre aveia preta comum (*Avena strigosa*, Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam) em pastejo rotativo na produção de forragem, na biomassa residual pós pastejo e na decomposição desta ao longo de 270 dias de incubação a campo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e os tratamentos foram: 25-05, 30-10 e 35-15 cm, respectivamente para a altura da pastagem na entrada e saída dos animais dos piquetes caracterizando alta, média e baixa intensidade de pastejo, e um tratamento sem pastejo. Para o pastejo foram utilizadas vacas da raça holandesa com 500 kg de peso vivo. Para monitorar o processo de decomposição da biomassa residual da pastagem utilizou-se a técnica dos sacos de decomposição. O tratamento 25-05 cm afetou a produtividade de biomassa da pastagem, apresentando a menor quantidade de biomassa residual pós pastejo e a maior decomposição desta biomassa. Com a diminuição da intensidade de pastejo para 30-10 e 35-15 cm, a taxa de acúmulo, a produtividade total e a biomassa residual pós pastejo aumentaram e as taxas de decomposição diminuíram. O consórcio de aveia preta + azevém em pastejo rotativo deve ser manejado em intensidades de pastejo 30-10 e 35-15, respectivamente, para a altura de entrada e saída dos animais dos piquetes.

Termos para indexação: Matéria seca, taxa de acúmulo, pós pastejo.

Grazing intensities on Black oat+ryegrass production and biomass decomposition on rotational grazing

2.2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effects of grazing intensity characterized by different sward management of Common black oat (*Avena strigosa*, Schreb) + ryegrass (*Lolium multiflorum*, Lam) in rotational grazing system over the biomass production, residual biomass

after graze and decomposition rate of these biomass over 270 days of field incubation. The experiment was laid out as a randomized block design with four replications and the treatments were: 25-05, 30-10 and 35-15 cm respectively at the entrance and exit of the animals from the paddocks characterizing the high, middle and low grazing intensity and a treatment without grazing. Were used Holstein cows with 500 kg of live weight. To determine the residual biomass decomposition were used the litter bags technique. Treatment managed at 25-05 cm affected pasture biomass production, showed the lowest amount of residual biomass after grazing and the highest biomass decomposition. As pasture grazing intensity decreased to 30-10 and 35-15 cm, accumulation rate, fodder productivity and total residual biomass after grazing increased and its decomposition decreased. Black oat + ryegrass pasture mixtures on rotational grazing should be management at swards of 30-10 and 35-15 respectively to the entrance and exit of the animals from the paddocks.

Index terms: Dry matter, accumulation rate, litter bags, after grazing.

2.3 INTRODUÇÃO

O cultivo de pastagens de inverno em rotação com soja/milho no verão em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) é uma estratégia de produção importante no sul do Brasil dado o fato de que no inverno, poucas são as alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis (Brum et al., 2005; Balbinot Jr et al., 2009).

Dentre as espécies forrageiras anuais de inverno, a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) são as mais utilizadas, por serem adaptadas às condições edafoclimáticas do sul do Brasil e por apresentarem elevada produtividade, alta qualidade nutricional e elevado potencial para a produção animal (Aguinaga et al., 2008).

Em relação ao manejo deste sistema, a intensidade de pastejo representada por diferentes alturas de pastejo tem grande importância, sobretudo porque é determinante tanto da produção pecuária quanto agrícola e/ou o sucesso ou fracasso do sistema integração lavoura-pecuária. Assim, determinar a intensidade de pastejo de aveia + azevém que permita, além de uma elevada produção vegetal e bom desempenho animal, criar um ambiente capaz de manter e melhorar a fertilidade do solo é uma questão chave para o sucesso da ILP.

Altas intensidades de pastejo ou pastagens mantidas muito baixas podem resultar em baixo índice de área foliar (IAF), baixa interceptação luminosa, baixas taxas fotossintéticas e consequentemente baixa produtividade de forragem (Da Silva & Pedreira, 1997). Além disto,

nestas condições, o tamanho do bocado é sacrificado, sendo que para compensar e manter o nível de consumo, o animal aumenta o seu deslocamento e o tempo de pastejo (Baggio et al., 2009). Como resultado, as características físico-químicas-biológicas do solo podem ser afetadas, resultando ou não em perdas de produtividade das culturas cultivadas em sequência dependendo da intensidade de pastejo trabalhada (Albuquerque et al., 2001; Salton et al., 2002; Nicoloso et al., 2006; Flores et al., 2007; Lopes et al., 2009; Souza et al., 2009).

O nível crítico de biomassa remanescente pós pastejo é uma questão chave no manejo de sistemas de integração lavoura-pecuária uma vez que a adição e manutenção de resíduos vegetais para a cobertura do solo é de extrema importância no aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, diminuindo, dentro de certos limites, o escoamento superficial e a erosão hídrica, aumentando assim a segurança e sustentabilidade do sistema ao longo do tempo (Panachuki et al. 2011). Além da quantidade de biomassa residual, a velocidade de decomposição desta biomassa desempenha um papel importante sobre o sucesso do sistema integração lavoura-pecuária devido à proteção do solo e capacidade de ciclar nutrientes.

Diferentes intensidades de pastejo (Cassol, 2003; Souza et al., 2009, Lopes, 2009) em sistemas de pastejo com lotação contínua têm demonstrado grande influência desta variável sobre a quantidade total de resíduos orgânicos adicionados ao solo. Entretanto poucos são os trabalhos que avaliam a produção e a decomposição deste material em sistemas rotacionado de pastejo. Em tese, altas intensidades de pastejo afetam a entrada de carbono no sistema, uma vez que há relação direta entre a altura do pasto e a massa de forragem da parte aérea e de raízes, que tem sido, porém, inversamente proporcional à altura do pasto (Souza et al., 2009).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da intensidade de pastejo da pastagem consorciada entre aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam) em pastejo rotativo, na produção de forragem, na biomassa residual pós pastejo e na decomposição desta ao longo de 270 dias de incubação a campo.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido numa propriedade no município de Coronel Vivida, PR, entre as coordenadas de 25° 56'S e 52° 37'O, com uma altitude média de 730 m. O clima da região é o Cfa segundo classificação de Köppen (Iapar, 2010).

O solo do experimento é classificado como Latossolo Vermelho e apresentava, no início do experimento as seguintes características físicas e químicas: teor de argila de 53 g kg⁻¹, teor de silte de 39,6 g kg⁻¹; pH-CaCl₂=5,3; P=9,93 mg.dm³; K=0,90 cmol_c.dm⁻³; 4,2 g kg⁻¹ de matéria orgânica, Ca=6,2 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases=72%; CTC de 12,16 cmol_c.dm⁻³. A coleta foi realizada de 0 a 15 cm de profundidade. Os dados meteorológicos do período experimental são apresentados na Figura 1.

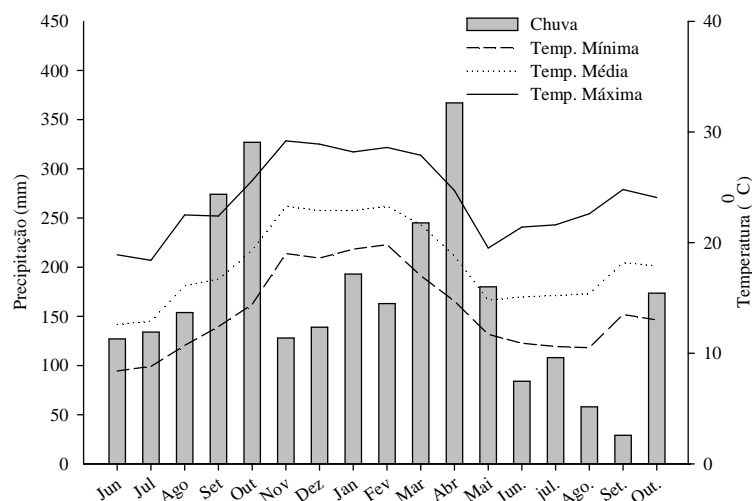


Figura 1. Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel Vivida - PR, 2009-210. Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2010).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de três intensidades de pastejo do consórcio entre aveia + azevém representadas pelas alturas de entrada e saída da pastagem, ou seja, entrada com 25, 30 e 35 cm e saída com 5, 10 e 15 cm respectivamente em sistema de pastejo rotativo e um tratamento sem pastejo.

A pastagem utilizada foi um consórcio entre aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). A aveia preta foi implantada com uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo (100 kg ha⁻¹ de sementes) no dia 07/05/09 e o azevém se estabeleceu por ressemeadura natural. A área vem sendo utilizada sob sistema de integração lavoura-pecuária desde 2004 com cultivo de soja/milho no verão e aveia + azevém no inverno para pastejo com bovinos de leite. Nesse trabalho, a cultura antecessora foi à soja. Foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N aos 30 após a semeadura da aveia.

As unidades experimentais foram de 184 m² (23 m x 8,0 m). Para o pastejo foram utilizadas vacas da raça holandesa com 500 kg de peso vivo. Os animais entraram nos

piquetes no momento em que cada tratamento apresentava a altura preconizada conforme tratamentos e permaneceram por períodos de 5 a 10 horas até rebaixarem a pastagem à altura de saída desejada. Após cada pastejo os locais não pastejados nos piquetes eram roçados a fim de uniformizar a altura da pastagem conforme estabelecido para cada tratamento e os resíduos retirados da parcela.

As avaliações na altura do dossel das plantas foram realizadas antes e após cada pastejo com um bastão graduado (*Sward stick*) ao longo do período experimental, para determinar o momento de entrada e saída dos animais dos piquetes. A distância do nível do solo até o toque na primeira lâmina foliar da pastagem pelo marcador que corre no bastão graduado foi considerada como a altura da pastagem. Para essa avaliação foram tomados 20 pontos por unidade experimental, a fim de obter a altura média do dossel.

Todas as intensidades de pastejo proporcionaram cinco ciclos de pastejo, que ocorreram nos dias 27/06; 09/07; 27/07; 14/08 e 15/09/2009 para o tratamento 25-5 cm. Nos dias 01/07; 12/07; 28/07; 22/08 e 16/09/2009 para o 30-10 cm e nos dias 03/07; 19/07; 09/08; 24/08 e 14/09/2009 para o tratamento 35-15 cm. As determinações da altura do tratamento sem pastejo foram realizadas nos dias 09/07; 27/07; 22/08; 06/09 e 16/09/2009. A pastagem foi utilizada para pastejo até o dia 16/09/09, totalizando 133 dias de avaliação da pastagem. Após o término do período de pastejo, a área foi dessecada (17/09/2009) com 740 g ha^{-1} de e.a. de glyphosate.

A avaliação da taxa de acúmulo (TA) de matéria seca (MS) da pastagem ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi realizada pelo corte da forragem em uma área $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$). Antes de cada pastejo, dois pontos por piquete, representativos da média do crescimento da pastagem eram cortados rente ao solo para determinação da taxa de crescimento. Após o pastejo, dois pontos por parcela de área $0,25 \text{ m}^2$ eram cortados rente ao solo para determinação da biomassa residual pós pastejo de cada ciclo de pastejo. As amostras cortadas foram embaladas em papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até massa constante e pesadas em balança de precisão, depois convertidas para kg ha^{-1} de MS. A taxa de acúmulo e a produção por período foi calculada subtraindo da amostra cortada antes do pastejo o valor residual amostrado após o pastejo. Após o pastejo, dois pontos de área $0,25 \text{ m}^2$, por parcela, representativos da altura de pastejo preconizada foram marcados para serem cortados antes do próximo ciclo de pastejo e assim sucessivamente.

A taxa de acúmulo média ao longo do período experimental foi obtida pela divisão da produção de forragem do período pelo número de dias do período. A produção total de

MS foi calculada pelo somatório da massa seca de forragem inicial com o acúmulo de forragem de cada período de amostragem. Para determinar a quantidade de matéria seca residual, realizou-se o corte de três pontos de 0,25 m² por piquete após o último pastejo antes da dessecação da área. A biomassa residual foi seca em estufa a 65 °C até obtenção de massa constante, para a determinação da quantidade de biomassa seca.

A decomposição da massa seca residual da pastagem dos diferentes tratamentos foi avaliada pela metodologia dos sacos de decomposição conforme proposto por Aita & Giacomini (2003). O material coletado após o último pastejo foi homogeneizado e deste retirado as amostras de 15 g por saco de decomposição para incubação a campo. Os sacos de decomposição foram confeccionados com tecido nas dimensões de 20 x 20 cm e malha de 0,1 mm. Foram costurados e alocados a campo na superfície do solo de seus respectivos tratamentos onde permaneceram de outubro de 2009 a junho de 2010, totalizando 270 dias de incubação a campo.

A avaliação da decomposição da matéria seca foi realizada ao longo do tempo, realizando-se dez coletas com três repetições com três sacos de decomposição coletados por tratamento por coleta, sendo: 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias de incubação a campo. A quantidade de massa seca remanescente ou a velocidade de decomposição foi calculada pela diferença entre quantidade total de 15 g alocada no início das avaliações menos a quantidade remanescente ao longo dos períodos de avaliação. Estes valores foram posteriormente transformados para porcentagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Statigraphic Plus 4.1 sendo realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os dados de produção da aveia + azevém. Para a decomposição da biomassa residual pós pastejo da pastagem ajustou-se modelos de regressão não linear aos valores observados conforme proposto por Wiedner & Lang (1982). Os dois modelos ajustados têm a seguinte equação matemática:

$$MSR = A e^{-kat} + (100-A) \quad (1)$$

$$MR = A e^{-kat} + (100-A) e^{-kbt} \quad (2)$$

Em que: MSR = porcentagem de Matéria Seca Remanescente no tempo t (dias); *ka* e *kb* = constantes de decomposição da MS do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante (100-A), respectivamente.

A partir dos valores da constante de decomposição da matéria seca calculou-se o tempo da meia vida (*t*_{1/2}), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS daquele

compartimento sejam decomposta. Para este cálculo utilizou-se a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul & Clark (1996): $t_{1/2} = 0,693/k_{(a,b)}$.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas reais de entrada e saída dos animais nos tratamentos condizem com o preconizado (Tabela 1), requisito essencial para configurarem-se os contrastes propostos. Bem como, houve diferença entre tratamentos quanto à altura de pastejo.

Tabela 1 – Valores de altura de plantas (cm) de aveia + azevém avaliadas antes e após os períodos de pastejo nos diferentes tratamentos (Sem Pastejo, 35-15, 30-10 e 25-05 cm). Coronel Vivida - PR, 2009.

Períodos		Altura de pastejo preconizada	Altura real de pastejo	
Pastejo	Datas		Antes do pastejo	Após pastejo
1	09/07/2009	Sem Pastejo	40,85 a	40,85 a
1	03/07/2009	35 – 15	35,95 b	13,90 b
1	01/07/2009	30 – 10	29,35 c	13,70 b
1	27/06/2009	25 – 05	26,65 d	5,70 c
2	27/07/2009	Sem Pastejo	51,85 a	51,85 a
2	19/07/2009	35 – 15	37,25 b	15,10 b
2	12/07/2009	30 – 10	32,55 c	11,10 c
2	09/07/2009	25 – 05	24,70 d	5,85 d
3	22/08/2009	Sem Pastejo	69,00 a	69,00 a
3	09/08/2009	35 – 15	38,00 b	16,90 b
3	28/07/2009	30 – 10	30,40 c	11,60 c
3	27/07/2009	25 – 05	21,85 d	5,50 d
4	09/09/2009	Sem Pastejo	75,95 a	75,95 a
4	24/08/2009	35 – 15	40,55 b	20,55 b
4	22/08/2009	30 – 10	34,4 c	12,55 c
4	14/08/2009	25 – 05	26,5 d	6,50 d
5	16/09/2009	Sem Pastejo	79,90 a	79,90 a
5	14/09/2009	35 – 15	40,91 b	17,91 b
5	16/09/2009	30 – 10	38,25 b	13,24 c
5	15/09/2009	25 – 05	41,35 b	7,03 d

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

A variação entre a altura preconizada e a altura real de pastejo se deve a seletividade dos animais durante o pastejo sendo esta também observada em outros trabalhos em que o critério de pastejo é a altura do pasto (Lopes et al, 2009; Carvalho et al, 2010). Para o último pastejo, a altura de entrada dos animais nos piquetes não diferiu entre as intensidades de pastejo porque se optou por uniformizar o último pastejo em datas próximas a fim de terminar o período de pastejo no mesmo dia para todos os tratamentos e evitar um possível rebrote da pastagem.

Observa-se na Figura 2 influência das diferentes intensidades de pastejo para as variáveis: taxa de acúmulo de matéria seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$), produção total de matéria seca (kg ha^{-1}) e biomassa residual após último pastejo (kg ha^{-1} de MS).

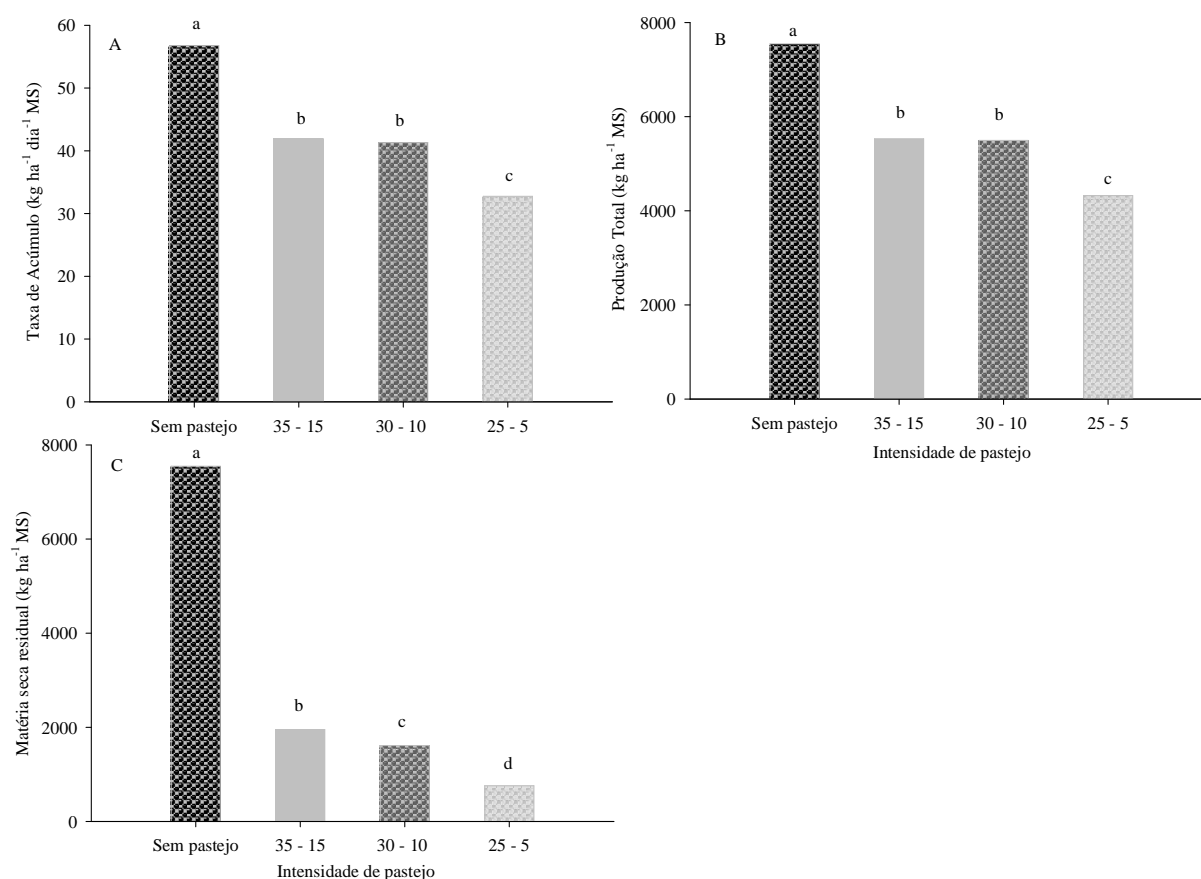


Figura 2 – Taxa de acúmulo de matéria seca (A) ($\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$), produção total (B) (kg ha^{-1}) e matéria seca remanescente pós pastejo (C) (kg ha^{-1}) da aveia + azevém nas diferentes intensidades de pastejo (Sem Pastejo, 35-15, 30-10 e 25-05 cm, respectivamente para as alturas de entrada e saída dos animais). Coronel Vivida - PR, 2009.

A taxa de acúmulo de forragem foi de 32; 41; 42 e 56 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS correspondendo a uma produção total de 4.322, 5.494, 5.531 e 7.548 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente, para os tratamentos 25-5, 30-10 e 35-15 cm e para o tratamento sem pastejo (Figura 2A e 2B). Os valores demonstram que os tratamentos 30-10 e 35-15 cm, apesar de produzirem menos que o tratamento Sem Pastejo, não diferiram entre si, porém, estes produziram mais que o tratamento 25-05 cm.

Para Da Silva & Pedreira (1997), o pastejo, dependendo de sua intensidade, afeta a área foliar e a interceptação luminosa do dossel o que, por sua vez, afeta as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas. Essas alterações no processo fotossintético, determinadas por variações de intensidade de pastejo, afetam a taxa de acúmulo e a produtividade total de matéria seca. Assim, a diferença na produção de forragem pode provavelmente ser explicada pelo menor índice de área foliar e atividade fotossintética do tratamento 25-05 cm.

É importante considerar que a maior taxa de acúmulo do tratamento sem pastejo se deve ao fato de que o pico de acúmulo de MS deste tratamento ocorre nos meses de agosto e setembro, sendo que após este período, a taxa de crescimento diminui enquanto que os tratamentos com pastejo, por apresentarem uma dinâmica de perfilhamento diferente, manteriam altas taxas de acúmulo, sendo que se o experimento tivesse sido conduzido até final de outubro, provavelmente essas diferenças nas taxas de acúmulo não tivessem ocorrido.

Aguinaga et al. (2008) também relatou que a aveia preta comum apresenta rápido desenvolvimento inicial e diminuição na produção nos períodos posteriores de desenvolvimento. Ainda, o período de pastejo neste experimento foi encerrado mais cedo (17/09/09) do que geralmente é quando a soja é cultivada, simulando uma rotação com milho. Assim, o azevém não conseguiu contribuir muito para a produção total dos tratamentos com pastejo, resultando na menor produtividade dos tratamentos com pastejo em relação ao tratamento sem pastejo.

Associado a este aspecto, a menor produtividade dos tratamentos com pastejo pode ser possivelmente explicado pela mortalidade de perfilhos da aveia durante o período inicial de pastejo. Isto ocorre porque no início do período de pastejo, os perfilhos da aveia são mais altos do que o azevém e por isto são mais pastejados, o que associado as baixas alturas de pastejo acaba por provocar a morte dos perfilhos interferindo na produtividade da pastagem. Carvalho et al. (2011) também relatam uma redução na densidade populacional dos perfilhos da aveia+azevém quando submetidos a pastejo intenso (10 cm de altura). O autor comenta

que isto pode resultar no aumento da superfície com solo descoberto e sujeito a processos erosivos e de compactação superficial, dando início ao processo de degradação.

Aguinaga et al. (2008), relatam que não houve efeito das alturas de pastejo de aveia+azevém sobre a TA ou sobre a produção total de matéria seca (PTMS), cujos valores médios foram de 66,8 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS e 10.721 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente. Entretanto, ao analisar a taxa de acúmulo por períodos, percebe-se que no primeiro período (21/07 a 22/08), não houve diferença na TA, com valores de 74 e 67 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS para o tratamento manejado a 10 cm (altura real de 23) e o tratamento sem pastejo (altura real de 48 cm). Entretanto, no segundo período (23/8 a 26/09), a TA foi de 73 e 125 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS para tratamento manejado a 10 cm (altura real de 13) e o tratamento sem pastejo (altura real de 67 cm), diferindo entre os mesmos e representando maior produtividade do tratamento sem pastejo. No terceiro e último período (27/9 a 07/11), a TA foi de 27 e 3,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS para tratamento manejado a 10 cm (altura real de 7,7) e o tratamento sem pastejo (altura real de 71 cm). Considerando que a aveia preta tem ciclo curto, seu florescimento interrompe o crescimento e a pastagem apresenta taxas de acúmulo muito baixas no final do seu ciclo. Neste trabalho se observou também que nos tratamentos com pastejo, a aveia preta comum diminuiu sua participação na produção total a partir do mês de agosto, enquanto que no tratamento sem pastejo, a aveia representou uma grande proporção da produção total de forragem.

A diferença na produção de aveia + azevém deste trabalho em função das diferentes intensidades de pastejo em sistema rotativo de pastejo em contraste a não diferença entre os trabalhos manejados a alturas similares em pastejo com lotação contínua se deve basicamente as diferenças na altura real de manejo e ao período total de avaliação do pastejo.

Assmann et al. (2004) avaliando o desempenho da aveia branca melhorada + azevém com 100 kg ha⁻¹ de N em sistema de pastejo com lotação contínua com 93 dias de pastejo e altura preconizada de pastejo em 14 cm observaram taxa de acúmulo de MS de 37 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e produção total de 4.706 kg ha⁻¹. Os dados se assemelham como os encontrados neste trabalho, quando comparados com a altura real de pastejo.

Canto et al. (1997) observaram uma produção total de matéria seca de aveia preta de 4.545 kg ha⁻¹ quando fertilizado com 100 kg ha⁻¹ de N. Moreira et al. (2001) avaliando a aveia preta IAPAR 61 sob cortes e 100 kg ha⁻¹ de N relatam produção de MS de 4.993 kg ha⁻¹, resultados semelhantes aos obtidos neste experimento.

Cassol (2003), em trabalho similar, porém, em pastejo com lotação contínua, encontrou valores de TA de MS de 35, 43 e 46 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e produção total de MS de 5.973, 7.118 e 7.542 kg ha⁻¹, respectivamente, para as alturas de pastejo de 10, 20 e 30 cm. É importante salientar que apesar de não diferir estatisticamente, houve uma diferença de 1.569 kg de MS entre o tratamento 30 e 10 cm de altura, valor este semelhante à diferença encontrada neste trabalho entre o tratamento 35-15 e a menor altura de pastejo, 25-05 cm. As diferenças entre os tratamentos em relação ao trabalho de Cassol (2003) podem ser explicadas, primeiro pela menor altura de manejo e segundo pela possível diferença na contribuição que o azevém teve entre os trabalhos, dado a data de encerramento do período de pastejo.

Lopes et al. (2009), avaliando a produção de aveia + azevém em pastejo com lotação contínua em diferentes alturas: 12, 19, 28 e 32 e um tratamento sem pastejo com 40 cm de altura relatou que não houve diferença na taxa de acúmulo de matéria seca entre os tratamentos com valor médio de 50 kg ha⁻¹ dia⁻¹. A menor altura do tratamento sem pastejo no trabalho de Lopes et al. (2009) em comparação a altura de 80 cm observada neste trabalho e o fato de Lopes et al. (2009) trabalharem com altura de entrada semelhante entre os tratamentos pode ter beneficiado o tratamento com a maior intensidade de pastejo, reduzindo assim a possibilidade de ocorrer diferenças na produção total de forragem entre os tratamentos.

Além de afetarem a produtividade total de forragem, as intensidades de pastejo afetaram também a quantidade de biomassa residual pós pastejo bem como sua decomposição. A biomassa residual pós pastejo aumentou com a redução na intensidade de pastejo demonstrando que quanto maior a altura remanescente, maior será a quantidade de resíduos que permanecerão sobre a superfície do solo. De acordo com Panachuki et al. (2011), a cobertura do solo é importante para a infiltração e retenção de água no solo, sendo capaz de reduzir dentro de certos limites a erosão.

A biomassa residual pós pastejo foi de 757, 1.610, 1.950 e 7.548 kg ha⁻¹ de MS (Figura 2), respectivamente para aos tratamentos 25-05, 30-10, 35-15 cm e sem pastejo, os quais apresentaram alturas reais de 7, 13, 18 e 80 cm após o último pastejo. Cassol (2003) também observou uma diferença maior que 4 t ha⁻¹ na biomassa residual das pastagens de aveia preta + azevém quando comparado os tratamentos sem pastejo com o tratamento manejado a 10 cm de altura. O autor relata também valores de massa de forragem residual de 2.120 e 622 kg ha⁻¹ de MS respectivamente para as alturas de pastejo de 20 e 10 cm.

Flores et al. (2007), trabalhando sob as mesmas condições experimentais, obtiveram quantidades de biomassa residual pós pastejo variando de 1.850 a 6.050 kg ha⁻¹ de MS respectivamente para o tratamento manejado a 10 cm de altura e o tratamento sem pastejo. Variações nas alturas reais de pastejo explicam estas diferenças entre valores de biomassa residual.

Considerando que para o sucesso do Sistema Plantio Direto (SPD), a adição anual de palha (MS) para a cobertura de solo não deve ser menor que 8 t ha⁻¹ (Lovato et al., 2004; Nicoloso, 2006), pode-se inferir que altas intensidades de pastejo podem comprometer o SPD. Neste contexto, Souza et al. (2009) trabalhando com diferentes alturas de pastejo na aveia + azevém observaram após alguns anos de avaliação que a biomassa residual pós pastejo obtido no tratamento com altura de pastejo inferior a 10 cm não consegue manter uma adequada quantidade de palha para implantação da lavoura no sistema de semeadura direta e de que ocorrem, a partir do terceiro ano de condução do sistema ILP, perdas nos estoques de carbono (C) na ordem de 0,33 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Flores et al. (2007) relataram não haver diferenças nos atributos físicos do solo em áreas com pastejo e biomassa residual próximos a 2.000 kg ha⁻¹ de MS, não havendo comprometimento da produção de grãos de soja no cultivo subsequente, embora, os efeitos negativos podem aparecer depois de alguns anos se altas intensidades de pastejo ou baixas alturas de pastejo forem mantidos (Carvalho et al. 2011).

Carvalho et al. (2011), relatando sobre os efeitos da intensidade de pastejo, reportam que alta intensidade de pastejo ou a altura de pastejo a 10 cm afeta a porosidade do solo, a infiltração de água no solo, o estoque de carbono e nitrogênio do solo, a biomassa aérea pós pastejo, o tempo de pastejo e deslocamento animal, o ganho médio diário, a qualidade da carcaça animal e por fim a qualidade do solo e a sustentabilidade do sistema. Por outro lado, Carvalho et al. (2011) relatam que alturas de pastejo do consórcio aveia + azevém em pastejo com lotação contínua entre 20 e 40 cm têm conseguido adicionar quantidades superiores a 9,0 t ha⁻¹ de MS quando se soma a massa de raiz e da parte aérea da pastagem mais a massa seca da cultura da soja. Os autores concluem dizendo que a melhor condução de misturas de aveia + azevém, na forma que mais traz benefícios ao sistema integrado, corresponde ao manejo da altura em 20 cm aonde vários atributos químicos, físicos e biológicos do solo são potencializados pela ação do pastejo.

Neste sentido, é importante considerar ainda que nas áreas pastejadas no inverno, além do potencial de produção animal ser superior a 300 kg ha⁻¹ de peso vivo (Nicoloso et al.,

2006), grande parte (70 a 95%) dos nutrientes presentes na forragem consumida retornam a pastagem na forma de dejeções como fezes e urina, que são prontamente decomponíveis para serem utilizadas pela cultura na sequência (Haynes & Willians, 1993).

Tão importante quanto à quantidade de material residual após pastejo é a sua decomposição ao longo do tempo. A decomposição dos resíduos vegetais se ajustaram ao modelo exponencial duplo (Tabela 2) aonde os nutrientes dos dois compartimentos diminuíram exponencialmente a taxas constantes (k_a e k_b), sendo que a primeira fração (A) é transformada a taxas mais elevadas do que a segunda ($100 - A$), a qual é mais recalcitrante.

Tabela 2 – Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustado aos valores medidos da massa seca remanescente pós pastejo em função das diferentes intensidades de pastejo, compartimento mais facilmente decomponível (A), constantes de liberação (K_a e K_b), tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e coeficiente de determinação (R^2) para o ajuste do modelo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010.

Tratamentos	A	k_a	k_b	$t_{1/2}$		R^2
				A	(100 - A)	
	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
Sem pastejo	52,47	0,0188567	0,00123603	36,7	560	0,98
35 - 15 cm	60,63	0,0238472	0,00138889	29,1	499	0,99
30 - 10 cm	60,03	0,0303728	0,00169516	22,8	409	0,98
25 - 05 cm	61,82	0,0343075	0,00204411	20,2	339	0,99

Como observado na tabela 2, o material residual do tratamento sem pastejo apresentou a menor quantidade de material compondo o compartimento mais facilmente decomponível (A), bem como as menores taxas de decomposição em relação aos demais tratamentos. A porcentagem de material presente no compartimento A é altamente dependente da qualidade do material residual, o qual é dependente da estrutura da pastagem. Para Carvalho et al. (2010), de modo geral, pastagens manejadas a baixas alturas representam pequena quantidade de forragem, porém de maior valor nutritivo, enquanto que pastagens altas representam elevada quantidade de forragem de menor valor nutritivo.

Em todos os tratamentos, a decomposição da biomassa residual pós pastejo apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta (Figura 3). A

maior decomposição inicial é resultado da presença de compostos mais facilmente decomponíveis tais como aminoácidos, açúcares e proteínas, sendo que os valores da decomposição tendem a se estabilizar ou diminuir lentamente após a decomposição destes compostos devido à presença de componentes mais recalcitrantes como lignina, tanino e celulose (Giacomini et al., 2003; Lupwayi et al., 2007).

Em contraste ao tratamento sem pastejo, o material residual do tratamento 25-05 cm apresentou a maior porcentagem de material compando o compartimento A, as maiores constantes de decomposição, o menor tempo de meia vida e consequentemente a maior decomposição. Este fato pode ser explicado devido a estrutura da pastagem ser composta por brotações mais novas, com maior quantidade de folhas e possivelmente de melhor qualidade.

Ao final do primeiro mês após a incubação dos sacos de decomposição no campo, 73% da matéria seca (MS) inicial do tratamento sem pastejo ainda permanecia na superfície do solo (Figura 3).

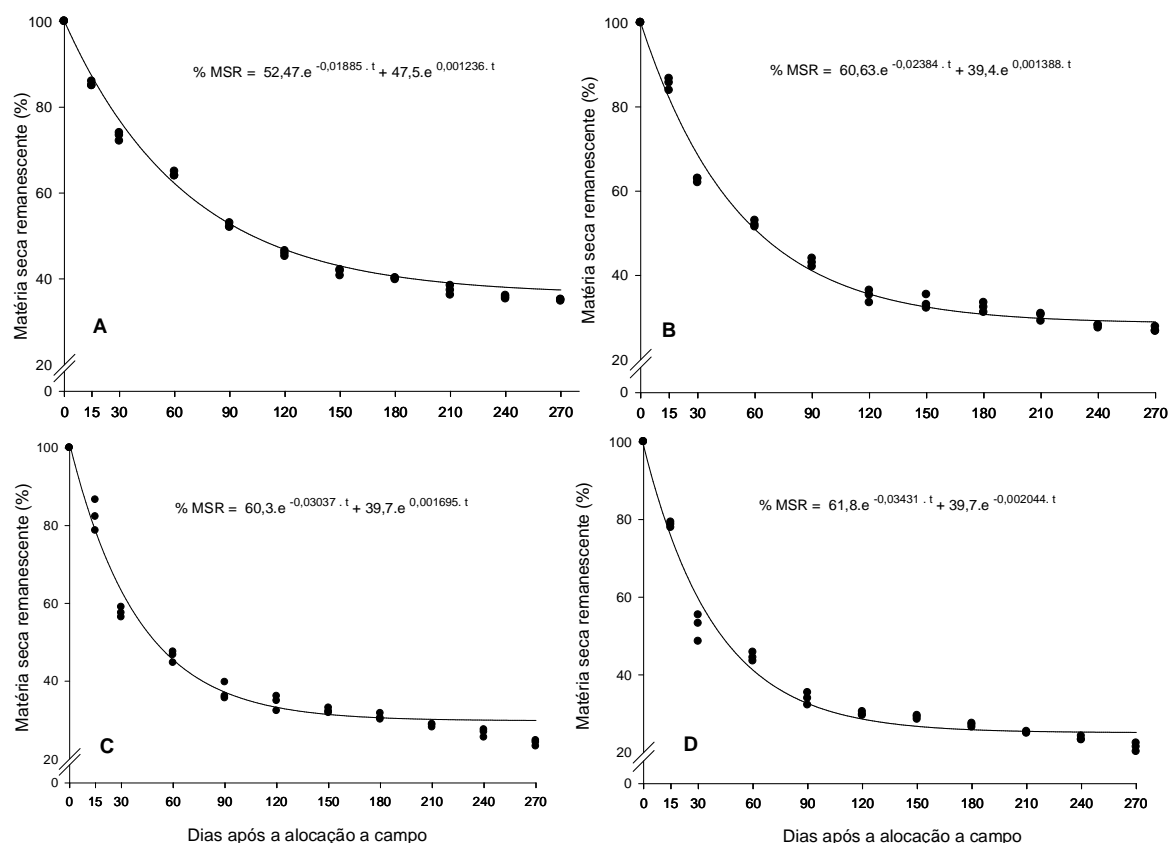


Figura 3 – Matéria seca remanescente dos tratamentos sem pastejo (A), 35-15 (B), 30-10 (C) e 25-5 (D) em função dos 270 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010.

A presença do pastejo aumentou a velocidade de decomposição dos resíduos, sendo que no mesmo período, restavam 52, 57 e 62% da biomassa inicial respectivamente para os tratamentos 25-5, 30-10 e 35-15 cm. Observa-se que quanto menor a massa seca residual pós pastejo, mais rápida é a decomposição deste material.

Holland & Detling, (1990) relataram que a herbivoria pode influenciar a decomposição da matéria seca e a ciclagem de nutrientes pela alteração na qualidade da biomassa vegetal que permanece tanto acima quanto abaixo do solo e também por alterar o ambiente do solo para decomposição. Após o pastejo, a rebrota das plantas, muitas vezes tem maior concentração de nutrientes nos tecidos aéreos o que podem aumentar as taxas de decomposição subsequente destes tecidos (Holland et al., 1992). Ainda, a menor relação carbono/nitrogênio (C/N) no material vegetal pastoreado pode resultar em maior mineralização líquida do N do solo ao reduzir a demanda de N microbiano durante a decomposição da biomassa vegetal (Dubeux et al., 2006).

Neste sentido, Acosta (2009) observou que o aporte de 9 t ha⁻¹ de MS de aveia reduziu a produtividade do milho em 708 kg ha⁻¹ (17%), quando comparado com o aporte de 3 t ha⁻¹ de MS e que este efeito foi eliminado com o uso de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio no milho. Ainda, comparando diferentes níveis de resíduos pós pastejo, na média dos dois anos avaliados, Acosta (2009) relata que não houve diferença significativa na produtividade de milho com o aporte crescente de resíduos.

Aita & Giacomini (2003), analisando a decomposição da matéria seca da aveia (4.390 kg ha⁻¹) encontraram após 30 dias de incubação a campo, um residual de 81% contra 57% para ervilhaca. Justificaram que tal diferença se deve ao maior teor de N e menor relação C/N da ervilhaca. A maior velocidade de decomposição observada neste experimento em relação ao observado por Aita & Giacomini (2003) pode ter ocorrido em função da adubação nitrogenada utilizada associada aos 203 mm de chuva ocorrida nos primeiros 30 dias após a incubação dos sacos de decomposição contra 130 mm relatados pelos autores. Além do fator ambiental, o pastejo também foi decisivo para acelerar a taxa de decomposição.

É possível observar também que as maiores taxas de decomposição da biomassa residual pós pastejo da aveia + azevém ocorreram nos primeiros 90 dias após a incubação a campo. Após este período restavam 33, 37, 43 e 52% da biomassa inicial respectivamente para os tratamentos 25-05, 30-10, 35-15 e sem pastejo. Aos 150 dias após a incubação a campo, estes valores diminuíram para 29, 32, 33 e 41%, demonstrando altas taxas de decomposição até 90 dias com posterior redução.

Analisando a figura 3, observa-se que após 270 dias de incubação a campo dos sacos de decomposição, a porcentagem de matéria seca residual da aveia + azevém foi de 21, 24, 27 e 35% respectivamente para os tratamentos 25-05, 30-10, 35-15 e sem pastejo, confirmando a menor decomposição da aveia + azevém no tratamento sem pastejo.

A partir destes dados é possível inferir que a altura de pastejo 25-05 cm além de afetar negativamente a produtividade de massa seca da pastagem e promover a remoção excessiva da biomassa vegetal, apresenta as maiores taxas de decomposição da biomassa, o que pode comprometer a produtividade da ILP a médio e longo prazo por reduzir as entradas de carbono no sistema, a proteção do solo e consequentemente o potencial produtivo do solo. É possível inferir também que o pastejo de aveia + azevém em intensidades de pastejo entre 30-10 e 35-15 cm permite maior produção de forragem, maior quantidade de biomassa residual e menor decomposição desta biomassa, sendo, portanto mais sustentáveis em relação ao tratamento 25-05 cm.

2.6 CONCLUSÕES

1. A biomassa residual do tratamento sem pastejo apresentou menor taxa de decomposição em relação às áreas pastejadas.
2. Pastagens de aveia + azevém manejados em intensidades de pastejo 30-10 e 35-15 cm proporcionam maior produção de forragem e maior quantidade de biomassa residual que a intensidade de pastejo 25-05.
3. O pastejo acelera a decomposição da biomassa residual de aveia + azevém e a decomposição aumenta com o aumento da intensidade de pastejo.

2.7 LITERATURA CITADA

- ACOSTA, J. A. A. Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 200p. (Tese de Doutorado)
- AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.de.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A. J. Q.; GIANLUPPI, G. D. F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1523-1530, 2008.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601-612, 2003.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S.; OLIVEIRA, E.B.; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 37-44, 2004.

BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.de.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M.L.T.; THUROW, J.M. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém-anual e aveia-preta manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.215-222, 2009.

BALBINOT Jr., A.A.; MORAES, A.de.; VEIGA, M. da. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, p.1925-1933, 2009.

BRUM, A.L.; LEMES, C.da.L.; Silva, C. V. K.; MULLER, P. K. A competitividade do Trigo brasileiro ante a competência argentina. O comercio Internacional e a competitividade polo custo de produción. **Revista Galega de Economia**, Espanha, v. 14, p. 55-70, 2005.

CANTO, M.W.; RESTLE, J.; QUADROS, F.L.F. Produção animal em pastagens de Aveia (*Avena strigosa* Schreb.) adubada com nitrogênio ou em mistura com ervilhaca (*Vicia sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 396-402, 1997.

CARVALHO, P.C.de.F.; ROCHA, L.M.; BAGGIO, C.; MACARI, S.; KUNRATH, T.R.; MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1857-1865, 2010.

CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T.R. et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 62 p.

CASSOL, L.C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios da ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: Simpósio sobre Ecossistema Pastagem, 3.,1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62

DUBEUX, J.C.B.; SOLLENBERGER, Jr. L.E.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART, Jr. R.L. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**. v.46, p.1305-1310, 2006.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.de.F.; LEITE, J.G. D.B.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1097-1104, 2003.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HOLLAND, E.A.; DETLING, J.K. Plant response to herbivory and belowground nitrogen cycling. **Ecology**, v.71, p.1040-1049, 1990.

HOLLAND, E.A.; PARTON, W.J.; DETLING, J.K.; COPPOCK, D.L. Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. **American Naturalist**, v.140, p.685-706, 1992.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. [2010]. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=890>> Acesso em: 05 de fev. 2010.

LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P. C.de.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES, J.P.C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, p.1499-1506, 2009.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.

LUPWAYI, N.Z.; CLAYTON, G.W.; O'DONOVAN, J.T.; HARKER, K.N.; TURKINGTON, T.K.; SOON, Y. K. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. **Soil Tillage Research**, v.95, p.231-239, 2007.

MOREIRA, F.B.; CECATO, U.; PRADO, E.N.; WADA, F.Y.; RÊGO, F.C.de.A.; NASCIMENTO, W.G. Avaliação de aveia preta cv Iapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 815-821, 2001.

NICOLOSO, R.da.S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.6, p.1799-1805, 2006.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777-1786, 2011.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. California: Academic Press, 340p. 1996.

SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, v. 69, p.32-34, 2002.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.de.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. **Ecology**, v.63, p.1636-1642, 1982.

CAPÍTULO 3. Decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário

Decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário

3.1 RESUMO

Cama de aviário é uma mistura de esterco das aves e material utilizado para forrar o piso do aviário. Este resíduo avícola é considerado uma importante fonte de nutrientes para a agricultura, entretanto, pouco se conhece a respeito da decomposição da matéria seca e liberação de nutrientes da cama de aviário e por isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar estas variáveis. A adubação foi realizada a fim de suprir 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N, e para tal, foram aplicados ao solo 4.953, 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹ de cama. Para monitorar o processo de decomposição e liberação de nutrientes da cama utilizou-se a técnica dos sacos de decomposição, os quais foram deixados na superfície do solo e recolhidos após 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 365 dias. As maiores perdas de matéria seca (35%) ocorreram nos primeiros 30 dias de incubação a campo. As maiores taxas de liberação de nutrientes ocorreram nos primeiros 60 dias de incubação a campo. Durante este período, 40, 34, 91 e 39% do N, P, K e Ca presentes na matéria seca inicial da cama já haviam sido liberados ao solo. Em valores absolutos, estas porcentagens representam 40, 23, 134 e 69 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca no tratamento com 4.860 kg ha⁻¹, sendo que os mesmos duplicaram e triplicaram à medida que a adubação com cama de aviário passa para 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹. Após um ano de incubação a campo, a cama apresentou um residual de 27, 15, 18 e 30% do valor inicial de MS e teor de N, P e Ca, respectivamente. O K apresentou a taxa de liberação mais rápida, sendo que, após 30 dias de incubação a campo, 91% do K presente na cama já havia sido liberado ao solo.

Termos para indexação: Adubação orgânica, avicultura, massa seca remanescente, maravalha, sacos de decomposição.

Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release

3.2 ABSTRACT

Poultry litter is a combination of accumulated poultry manure and bedding material. This residue is an important nutrient source to agriculture, however, no information is

available regarding its dry matter decomposition and nutrients release and due to it, this study aimed to evaluate these variables. Litter was applied in order to supply 0, 100, 200 and 300 kg N ha⁻¹ and to reach these levels, was applied 4,953; 9,907 and 14,860 kg MS ha⁻¹ of poultry litter. To monitor the process of decomposition and nutrient release from the litter were used the litter bags technique which were left on the soil surface and collected after 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 and 365 days. The highest poultry litter decomposition (35%) occurred in the first 30 days after field incubation. The highest nutrient release occurred in the first 60 days of field incubation, where 40, 34, 91 and 39% or 40, 23, 134 and 69 kg ha⁻¹ of N, P, K and Ca applied to the soil via litter (4.860 kg ha⁻¹) had been released to the soil. These values double and triple as the litter levels goes from 4.950 to 9.907 and 14.860 kg ha⁻¹. After a year of field incubation, poultry litter showed a residual value of 27, 15, 18 and 30% of its initial DM and N, P and Ca content respectively. Potassium showed the fastest release rate being 91% released after 30 days of incubation at field.

Index terms: Organic fertilizer, poultry production, remaining dry matter, sawdust, litter bags.

3.3 INTRODUÇÃO

A atividade avícola industrial é uma das principais fontes de renda para muitos produtores dos estados do sul do Brasil, sendo que Paraná ocupa a liderança nacional na produção e exportação de carnes de frango sendo a região sudoeste responsável por 22% da produção do estado (Zanchet, 2008). Associado ao rápido e concentrado crescimento da indústria avícola, cresce também a produção de resíduos e seus problemas decorrentes, uma vez que a cadeia produtiva de frangos tais como abatedor, fábrica de ração e aviários estão localizados em áreas próximas e, conseqüentemente, a produção de cama de aviário pode exceder as exigências nutricionais das culturas da propriedade e das áreas adjacentes.

O uso agrícola da cama de aviário permite, além de uma forma ambientalmente correta de descarte destes resíduos, fertilizar o solo com uma importante fonte de nutrientes, capaz de manter ou restaurar a sua fertilidade. Entretanto, para que se faça o uso de forma ambiental e economicamente correta da cama, é crucial que se entenda como ocorre a decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário. Dispondo destes dados, é possível determinar os níveis de adubação, o momento e as formas para aplicação a fim de sincronizar a necessidade das plantas com a liberação de nutrientes da cama e evitar riscos ambientais. Além disso, com

base em sua dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes é possível avaliar possíveis efeitos residuais e assim recomendar níveis adequados de fertilizantes para as culturas seguintes.

Experimentos reportam os efeitos do uso da cama de aviário e demonstram algumas vantagens como alta concentração de macronutrientes (Zhang et al., 2002), aumento no carbono total e teor matéria orgânica do solo (Adeli et al., 2008; Singh et al., 2009), maior capacidade de retenção e infiltração de água do solo (Kingery et al., 1994), aumento do pH do solo (Zhang, 1998), melhorias na qualidade física, química e biológica dos solos (Nyakatawa et al., 2001; Friend et al., 2006; McGrath et al., 2009) e incremento na produtividade de culturas como o milho, a soja, o algodão e pastagens (Wood et al., 1996; Adeli et al., 2005; Mitchell & Tu, 2005; Sistani et al., 2004). Entretanto, pouco se sabe sobre a decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário ao solo e os dados disponíveis são de outros países, o que dificulta a comparação de resultados uma vez que estes parâmetros são fortemente influenciados pelas condições edafoclimáticas, pela qualidade do substrato e por processos biológicos do solo (Paul & Clark, 1996). De acordo com a CQFS (2004), a disponibilidade de N, P e K para a primeira cultura é de 50, 80 e 100% e de 20% para o N e o P na segunda cultura pós aplicação da cama de aviário. Além disto, este estudo menciona valores totais de liberação ao final da primeira e segunda cultura e não a liberação ao longo deste período de forma mais detalhada.

Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição da matéria seca e liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos de 2009/10 numa propriedade do município de Coronel Vivida-PR, entre as coordenadas de 25° 56'S e 52° 37'O, com uma altitude média de 730 m.

O solo do experimento é classificado como Latossolo Vermelho e apresentava, no início do experimento as seguintes características físicas e químicas: teor de argila de 53 g kg⁻¹, teor de silte de 39,6 g kg⁻¹; pH-CaCl₂=5,3; P=9,93 mg.dm³; K=0,90 cmol_c.dm⁻³; 4,2 g kg⁻¹ de matéria orgânica, Ca=6,2 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases=72%; CTC de 12,16 cmol_c.dm⁻³. A coleta foi realizada de 0 a 15 cm de profundidade.

O clima da região é o Cfa, segundo classificação de Köppen e as condições climáticas ocorridas durante o período experimental estão apresentadas na figura 1 (Iapar, 2010).

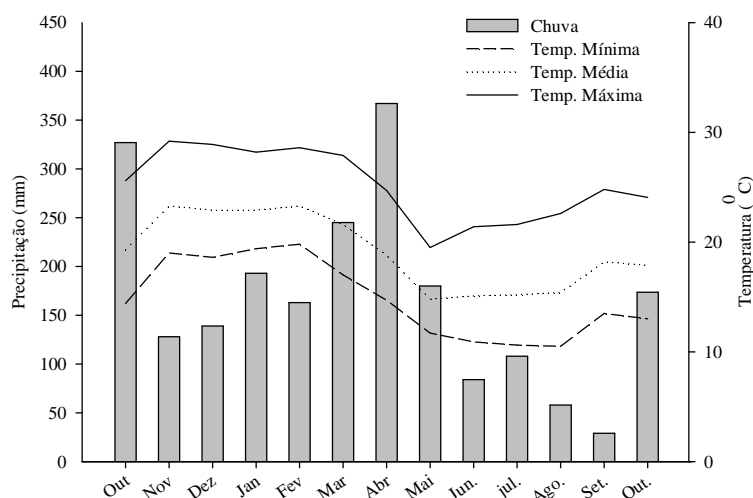


Figura 1. Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. Fonte: Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2010).

Amostras compostas de cama de aviário foram coletadas antes da instalação do experimento durante o processo de limpeza de um aviário comercial de frangos de corte depois de criados onze lotes de frangos e antes da instalação do experimento a fim de fazer a caracterização química da mesma. As amostras foram secas em estufa a 65 °C até apresentarem peso constante. A cama de aviário, constituída de dejetos das aves e maravalha, apresentou 80,6% de matéria seca e teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio de 25,0; 17,6; 37,3 e 44,1 g Kg⁻¹ respectivamente com base na matéria seca.

A adubação com cama de aviário foi realizada a fim de suprir 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados ao solo 0, 4.953, 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹ de cama, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Massa seca de cama de aviário (kg ha⁻¹) e respectivos valores de N, P, K e Ca (kg ha⁻¹) aplicados ao solo.

MS Cama	Cama	N	P	K	Ca
kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹		
3.992	4.953	100	70,46	148,70	176,05
7.948	9.906	200	140,92	297,41	352,10
11.976	14.860	300	211,38	446,11	528,14

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por cama de aviário incubada a campo em sacos de decomposição por diferentes períodos. Das amostras compostas de cama, retirou-se 75 gramas para cada saco de decomposição. Estes foram costurados e alocados a campo na superfície do solo no dia 18 de outubro de 2009 onde permaneceram por diferentes períodos de incubação, de outubro de 2009 a outubro de 2010 totalizando 365 dias de incubação a campo. A avaliação da decomposição da matéria seca e da liberação de nutrientes da cama de aviário foi feita ao longo do tempo, realizando-se treze coletas ao 0, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 365 dias após incubação a campo.

Após cada período de amostragem, os resíduos foram submetidos à secagem em estufa a 65 °C até obtenção de massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR). A quantidade de massa seca remanescente foi calculada baseando-se na quantidade total de 75 g alocada no início das avaliações menos a quantidade remanescente ao longo dos períodos de avaliação.

A partir da MSR da cama de cada coleta, foram analisadas as concentrações de N, P, K e Ca para posteriormente calcular as quantidades remanescentes destes nutrientes. A avaliação da decomposição e da liberação de N, P, K e Ca da cama de aviário foi feita ao longo de um ano de avaliação. Para avaliação da concentração dos nutrientes, após a determinação de MS, o material remanescente foi moído em moinho de faca tipo Willey (<40 mesh) e realizada a digestão sulfúrica, sendo o N total determinado em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldhal (Tedesco et al., 1995). Após, usando uma amostra da alíquota obtida na digestão, os teores totais de P, K, Ca foram determinados por fotolorimetria, fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica, respectivamente.

A percentagem da massa seca remanescente e o teor de nutrientes foi calculada com base na biomassa total e na concentração total dos nutrientes no início e no final dos períodos de incubação a campo. Usando a diferença de peso da matéria seca e a diferença entre os teores de nutrientes dos períodos de incubação, a decomposição e de liberação de nutrientes foi determinada e convertidos para percentagem.

A fim de descrever as taxas de decomposição e liberação de nutrientes, a porcentagem de matéria seca remanescente e o teor de N, P, K e Ca foram ajustados a modelos não lineares usados para ajustar as curvas pelo programa estatístico Statigraphic Plus 4.1. O modelo simples e duplo de regressão não linear conforme proposto por Wieder & Lang (1982) estão descritos pela equação 1 e 2. Os dois modelos ajustados têm a seguinte equação matemática:

$$\text{MSR e NR} = A.e^{-ka.t} + (100 - A) \quad (1)$$

$$\text{MR e NR} = A.e^{-ka.t} + (100 - A).e^{-kb.t} \quad (2)$$

Em que a Matéria Seca Remanescente (MSR) e os Nutrientes Remanescentes (NR) são a porcentagem de MS remanescente e os NR no tempo t (dias); ka e kb = taxas constantes de decomposição da MS e de liberação de nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante ($100 - A$), respectivamente.

Os dois modelos consideram que a MS e os nutrientes da cama de aviário podem ser divididos em dois compartimentos. No modelo assintótico (Equation 1), apenas o compartimento mais facilmente decomponível (A) é transformado, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MS e os N do segundo compartimento ($100 - A$) são considerados mais recalcitrante e, por isso, este compartimento não sofre transformação no período de tempo considerado. No modelo exponencial duplo (Equação 2) a MS e os N dos dois compartimentos diminui exponencialmente a taxas constantes, sendo que a primeira fração é transformada a taxas mais elevadas do que a segunda, que é mais recalcitrante. A escolha do tipo de modelo de cada tratamento foi feita com base nos valores do coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre o modelo ajustado e os valores observados.

A partir dos valores da constante de decomposição da matéria seca e da liberação dos nutrientes de cada compartimento, calculou-se o tempo da meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS daquele compartimento seja decomposta e/ou 50% dos nutrientes sejam liberado. Para este cálculo utilizou-se a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul & Clark (1996): $t_{1/2} = 0.693 / k_{(a,b)}$

Com base no modelo ajustado para as quantidades remanescentes de N, P, K e Ca, estimaram-se a liberação acumulativa desses nutrientes durante o período de avaliação multiplicando-se a porcentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida mediante o modelo, pelas quantidades iniciais dos nutrientes (kg ha^{-1}) adicionadas inicialmente ao solo.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio foram de 25; 17,6; 37,2 e 44 g Kg^{-1} de MS respectivamente. Estes níveis foram menores que os relatados pela CQFS (2004), que cita valores de 38 e 40 g Kg^{-1} de N e P respectivamente para uma cama com 7-8 lotes. Zhang et al. (2002) avaliando 240 amostras de cama de aviário encontrou valores médios de 28; 27 e

23 g Kg⁻¹ de N, P e K. Os autores relatam também teores de umidade de 23% e pH de 7,1. Estas diferenças na qualidade da cama ou na concentração de nutrientes são possivelmente explicadas por diferenças no número de lotes criados sobre a mesma cama, diferenças na qualidade do substrato utilizado como cama, tais como: maravalha, casca de arroz, serragem e pelas diferenças nas condições climáticas.

A decomposição da matéria seca da cama de aviário e a liberação de nutrientes se ajustaram ao modelo exponencial duplo (Equação 2) sendo que ambos os parâmetros, ka e kb foram avaliados. A decomposição da cama de aviário apresentou uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta (Figura 2).

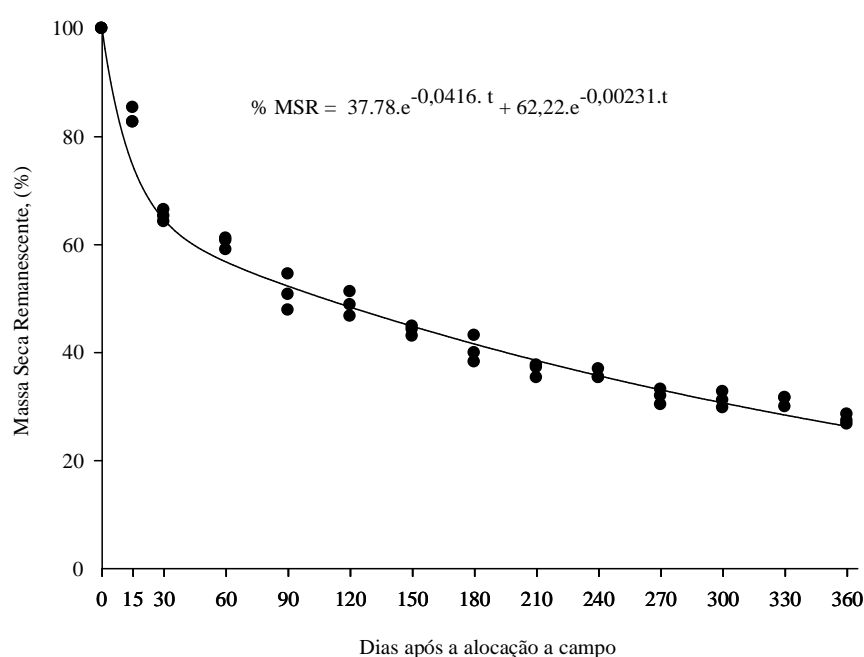


Figura 2. Matéria seca remanescente da cama de aviário ao longo de um ano de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida - PR, 2009-2010.

Ao final do primeiro mês após a incubação dos sacos de decomposição no campo, 35% da MS inicial já havia sido decomposta. Gale & Gilmour (1986) relataram que 40% da cama de aviário havia se decomposto após 35 dias de incubação a campo. Castellanos & Pratt (1981) relatam níveis ainda maiores, de 45% de decomposição da cama após 28 dias de incubação das amostras.

A decomposição da biomassa vegetal é influenciada pela composição química do material em decomposição e pelas características do solo (Douglas & Magdoff, 1991). Relações entre os componentes minerais, tais como C:N (Gordillo & Cabrera, 1997)

hemicelulose:N (Lupwayi & Haque, 1998) e concentração de N (Gordillo & Cabrera, 1997) também afetam a decomposição da biomassa vegetal. Todos estes parâmetros têm demonstrado correlações com a taxa de mineralização do C orgânico e do N.

A maior decomposição inicial é resultado da decomposição de compostos mais facilmente decomponíveis tais como aminoácidos, açúcares e proteínas, sendo que os valores da decomposição tendem a se estabilizar ou diminuir lentamente após a decomposição destes compostos devido à presença de componentes mais recalcitrantes como lignina, tanino e celulose (Heal et al., 1997; Giacomini et al., 2003; Lupwayi et al., 2007). Associado a decomposição microbiana, os 203 mm de chuva ocorrida nos primeiros 30 dias após a incubação a campo pode ter favorecido a decomposição da cama de aviário (Figura 1).

Na Figura 2, observa-se que após 365 dias de incubação a campo dos sacos de decomposição, a porcentagem de matéria seca residual da cama de aviário foi de 27,5% comprovando assim o efeito residual em longo prazo da cama no solo. A tabela 2 demonstra de forma mais detalhada as constantes de decomposição da cama e nutrientes ajustado ao modelo duplo de decomposição.

Tabela 2 – Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustados aos valores medidos da massa seca, nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio remanescente da cama de aviário: compartimento mais facilmente decomponível (A), constantes de liberação (K_a e K_b) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e coeficiente de determinação (R^2) para o ajuste do modelo. Coronel Vivida – PR, 2009-2010.

Tratamentos	A	k_a	k_b	$t_{1/2}$		R^2
				A	(100 - A)	
Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
MS Cama	37,78	0,0416149	0,0023162	16,6	299	0,98
Nitrogênio	17,81	0,0714002	0,0041590	9,7	166	0,98
Fósforo	14,14	0,0851037	0,0038623	8,1	179	0,99
Potássio	80,98	0,2329260	0,0207957	2,9	33	0,99
Cálcio	31,97	0,0537513	0,0023065	12,9	300	0,99

Para a cama de aviário, o compartimento mais facilmente decomponível (A) representou 37,7% do total e consequentemente, o compartimento mais recalcitrante

representou 62,2% do total cuja constante de decomposição ka e kb foi de 0,0416 e 0,0023 d^{-1} , o que resultou em uma meia vida da MS de 16,6 e 299 dias respectivamente (Tabela 2).

A meia vida do compartimento lábil ($A = 17,8\%$) do N é de 9,7 dias, ou seja, 50% deste compartimento foram liberados ao solo durante este período. Considerando a aplicação de cama a fim de suprir 100 kg ha^{-1} de N, 17,8 kg destes estão no compartimento lábil (A) e 8,9 kg serão disponibilizados nos primeiros 9,7 dias após a aplicação. Os 82,2 kg de N restantes serão disponibilizados a taxas mais lentas, sendo que após 166 dias de aplicação a campo, mais 41,1 kg estarão liberados ao solo. É importante salientar que no caso do potássio, o compartimento lábil é maior (80,98%) e as constantes de liberação também são maiores o que torna a liberação ao solo mais rápida. Ao fazer a mesma simulação anterior para o K, pode-se inferir que 60 e 180 kg de K já haviam sido liberados ao solo até o 3º dia após a aplicação da cama respectivamente para as quantidades de 4.953 e 14.860 kg ha^{-1} de cama de aviário aplicada ao solo.

A ciclagem do K é mais simples e rápida do que o N e P uma vez que este elemento não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (Marschner, 1995) e assim, a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação dependendo basicamente da chuva. Giacomini et al. (2003) avaliando a liberação de K dos resíduos de ervilhaca e nabo observou que 90 e 85% do potássio havia sido liberado já na primeira amostragem, 15 dias após a alocação a campo, demonstrando a rápida liberação do K ao solo.

O mesmo foi observado para a cama de aviário, uma vez que 84 e 91% do K já haviam sido liberados ao solo aos 15 e 30 dias após a alocação a campo (Figura 3). Provavelmente a chuva ocorrida logo após a aplicação da cama no campo e o acúmulo de 130 e 203 mm ocorridos ao longo dos primeiros 15 e 30 dias respectivamente tenham favorecido esta taxa de liberação do K ao solo.

As reações de troca catiônica dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e da quantidade de argila e do pH do solo, é o principal componente que determina a capacidade de armazenamento de K no solo e eventuais perda de K por lixiviação (Mielniczuk, 1982).

O K é móvel no solo e portanto propenso a perdas por lixiviação, entretanto, Ayarza (1988) encontraram perdas de K em pastagens tropicais somente com taxas de aplicação acima de 300 kg ha^{-1} de K, mesmo sob condições de alta pluviosidade. Por outro lado, Werle et al. (2008) relatou que a elevação dos teores de K no solo também favorece a lixiviação, mesmo em solos mais argilosos e com alta CTC.

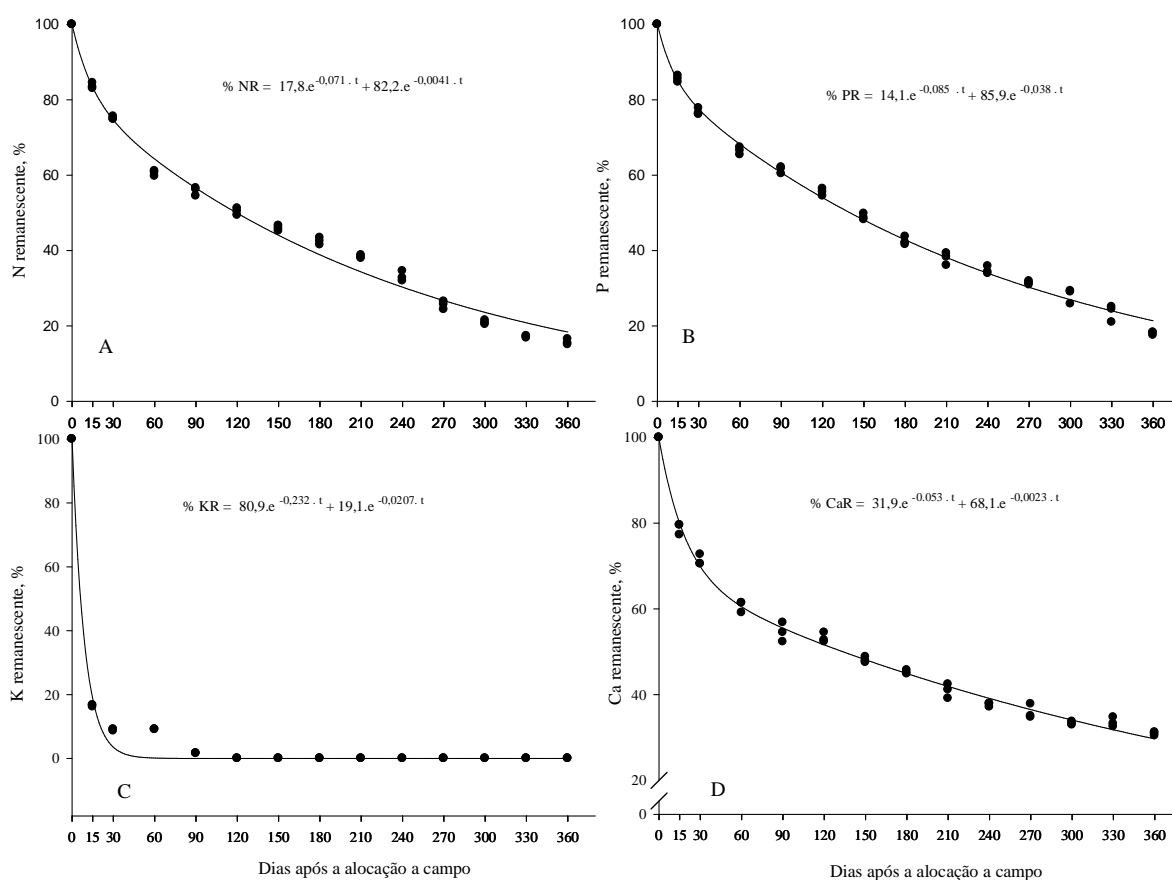


Figura 3. Nitrogênio (A), Fósforo (B), Potássio (C) e Cálcio (D) remanescente da cama de aviário em função dos 365 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Coronel Vivida, PR. 2009-2010.

O N e o P disponível presente na cama se encontra na forma orgânica e inorgânica. A parte inorgânica é facilmente extraída e mensurada, entretanto, o nitrogênio e fósforo orgânico precisam passar pelo processo de mineralização sendo mais difícil de ser mensurado. Como a maior parte do N e P presente na cama de aviário está na forma de compostos orgânicos (> 90 e 60% respectivamente), grande parte do P e N não é imediatamente disponível para as plantas (Edwards & Daniel, 1992). Qafoku et al. (2001) após avaliar 60 amostras de cama de aviário relatou valores de concentração de N que variaram de 23,8 to 47 g kg⁻¹ com teores de N inorgânico variando de 1,38 a 13,4 g kg⁻¹ de N. Expresso na forma de porcentagem do N orgânico presente na cama, o N orgânico potencialmente mineralizável variou de 24 a 78% (média = 52,5%). Kpombrekou (2006) demonstraram que o N inorgânico representa uma pequena parte do N total nas amostras de cama de aviário e Adeli et al. (2005) relatou que 98% do N inorgânico da cama esta na forma de amônio e 2% na forma de nitrato.

Já na primeira amostragem, realizada 15 dias após a distribuição dos sacos de decomposição no campo, 16,2% do N adicionado já havia sido liberado, valor este que subiu para 39.5% aos 60 dias após a alocação a campo. Gale & Gilmour (1986) observaram uma mineralização líquida de 10% do N da cama de aviário após 28 dias de incubação a campo. Outros estudos demonstram valores mais altos da mineralização do N da cama de aviário. Castellanos & Pratt (1981) observaram uma taxa de liberação do N da cama de 48% após 70 dias de incubação. Singh et al., (2009) avaliando a taxa de mineralização e liberação de N da cama de aviário encontraram taxas de liberação de 46% do N total após 60 dias de incubação. Em outro estudo, Qafoku et al, (2001) relatou um valor médio (60 amostras de cama) de 51% de mineralização do N após 112 dias de incubação. Em todos os casos, houve uma taxa inicial de liberação rápida seguida de outra mais lenta. A heterogeneidade da composição química da cama de aviário (numero de lotes, tipo de material utilizado como cama) e as diferenças nas condições climáticas podem ajudar a explicar esta variação na taxa de mineralização encontrada entre experimentos.

Observa-se também (Figura 3) que após 365 dias de incubação a campo dos sacos de decomposição, a porcentagem de N remanescente foi de 15% do total inicial, demonstrando novamente o efeito residual em longo prazo da cama de aviário no solo. Gordillo & Cabrera (1997) observaram taxa de mineralização do N da cama de 90% após um ano de avaliação. Bitzer & Sims (1988) relatam que 67% do N orgânico da cama de aviário é mineralizada no primeiro ano de aplicação. Evers (1999) estimaram que apenas 60% do N da cama de frango estaria disponível no primeiro ano sendo que o restante é adicionado ao solo com o passar do tempo.

A liberação de fósforo esta muito mais relacionada com o conteúdo de P e o teor de P solúvel nos resíduos e a ação efetiva dos microrganismos sobre as frações orgânicas do que em relação a quantidade de precipitação ocorrida (Giacomini et al., 2003). O compartimento mais facilmente decomponível (A) do P representou 14,1% do total o que resultou em uma meia vida de 8,1 e 179 dias respectivamente para o compartimento lábil e mais recalcitrante (Tabela 2). Após 30 dias de incubação a campo, 23% do P havia sido liberado, valor este que subiu para 33,5 e 38,5% após 60 e 90 dias de alocação a campo.

Singh et al., (2009) também observou que a liberação de P ocorreu principalmente durante os primeiros 20 dias após a incubação, respondendo por 15-17% do P total. Observou também efeito residual de 30 kg ha⁻¹ de N e 13 kg ha⁻¹ de P da aplicação de 5 Mg ha⁻¹ de cama de aviário aplicada no arroz para a cultura do trigo, cultivado em seqüência. Apesar

destes valores não serem muito altos, estes nutrientes disponibilizados da parte orgânica estão prontamente disponíveis as plantas o que assegura maior disponibilidade. O P inorgânico é rapidamente liberado para o solo após a aplicação do resíduo, entretanto, em estágios mais avançados de decomposição, o P é liberado mais lentamente a partir da mineralização das formas orgânicas dos resíduos. Após 90 dias de avaliação a taxa de liberação de P diminuiu, provavelmente devido à exaustão do P inorgânico e frações lábeis de P orgânico, deixando apenas as frações orgânicas não-lábeis de P.

Em relação ao Cálcio, poucos trabalhos abordam a sua dinâmica de liberação. Apesar de apresentar uma concentração maior no compartimento lábil que o P e o N, e uma taxa inicial de liberação semelhante a estes nutrientes, o Ca presente no compartimento mais recalcitrante apresentou taxas mais lentas de liberação apresentando uma meia vida de 300 dias. A sua liberação foi mais rápida no início do período e tendeu a se estabilizar. Após 365 dias de incubação a campo, o Ca liberado correspondia a 70% da sua concentração inicial. Almeida (2009) avaliando a taxa de liberação de Ca de resíduo de crotalaria + milho relatou que o modelo ajustado foi o simples com um tempo a meia vida de 139 dias. O autor relatou também que o Ca foi o nutriente que apresentou o comportamento mais lento de liberação em relação aos outros nutrientes (N, P e K).

Poucos estudos têm avaliado a disponibilidade de nutrientes da cama de aviário, e os estudos realizados não apresentam muitos detalhes sobre a decomposição da MS e liberação de nutrientes ao longo do tempo. De acordo com a CQFS (2004), a disponibilidade de N, P e K para a primeira cultura é de 50, 80 e 100% e de 20% para o N e o P na segunda safra.

Considerando um período de 150 dias, os dados do trabalho demostram uma taxa de liberação de 54, 51 e 100% respectivamente para o N, P e K, valores estes que sobem para 84,3 e 82% respectivamente para o N e o P após 365 dias de alocação a campo. Assim, é possível inferir que a cama apresenta um efeito residual de nutrientes por um período maior de um ano. A aplicação superficial de cama em sistema plantio direto pode ser responsável por sua mineralização lenta no ano de aplicação e fertilidade residual no ano seguinte.

Para Eghball et al. (2004), a aplicação de cama de aviário resulta em aumentos nos teores de nutrientes e matéria orgânica do solo e seus efeitos residuais sobre a produção agrícola e as propriedades do solo podem durar anos após a sua aplicação ter sido interrompida, provendo nutrientes e efeito calagem para as próximas estações de crescimento.

Com base nos dados da figura 3, sugere-se que a recomendação de adubação em

função da análise do solo considere os efeitos residuais da cama de aviário, resultando em uma redução nas taxas de aplicação de fertilizantes no ano seguinte a aplicação de cama.

Tradicionalmente, a aplicação de cama de aviário tem sido baseada em metas de produtividade e nas exigências nitrogenadas das culturas. Para atender tais objetivos, altos níveis de cama de aviário são aplicados (10 a 15 Mg ha^{-1}) o que pode resultar em um desbalanço nutricional, perdas de nutrientes e problemas ambientais. Por outro lado, quando altos níveis de cama de aviário são aplicados como fertilizantes, estes tendem a fornecer nutrientes para o solo de forma gradual propiciando um efeito residual para as culturas subsequentes.

Considerando que foram aplicados ao solo 4.953 , 9.907 e $14.860 \text{ kg ha}^{-1}$ de cama de aviário a fim de suprir 100 , 200 e 300 kg ha^{-1} de N e considerando as constantes de liberação dos nutrientes, observa-se a liberação acumulativa dos nutrientes da cama (Figura 4).

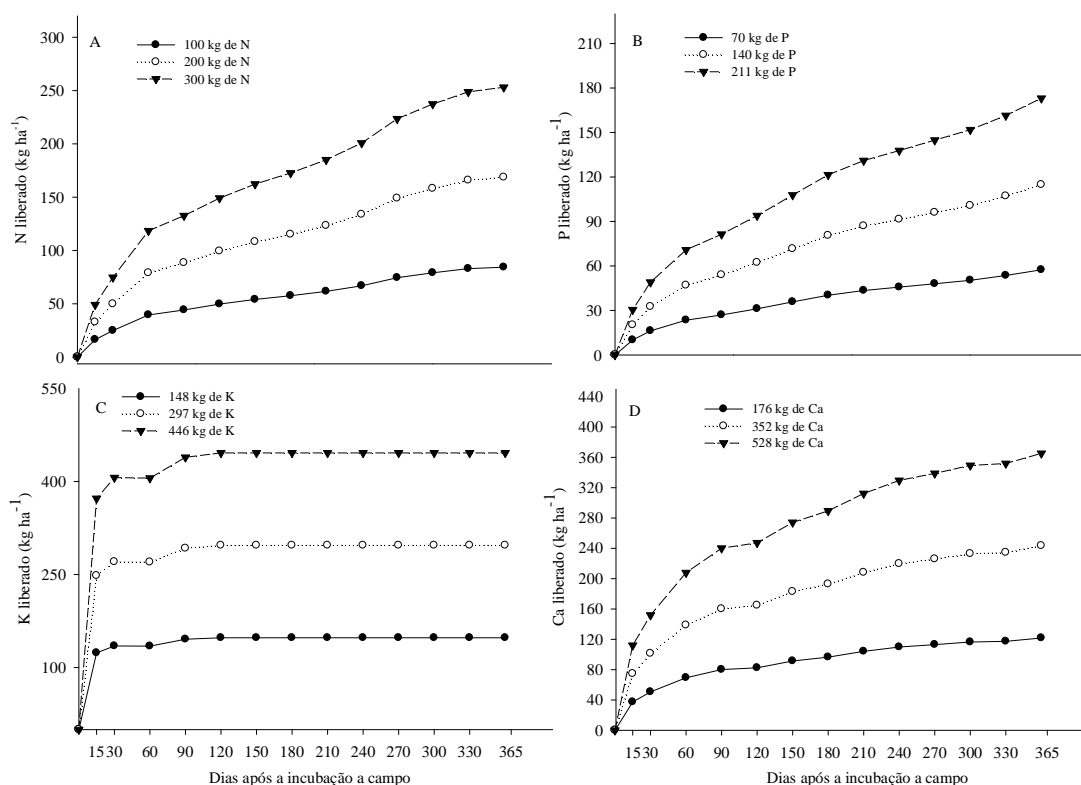


Figura 4. Liberação acumulada de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e cálcio (D) em relação aos níveis de cama de aviário (4.953 ; 9.907 e $14.860 \text{ kg ha}^{-1}$) ao longo de um ano de incubação dos sacos de decomposição a campo.

Considerando a liberação acumulativa dos nutrientes da cama em valores absolutos, observa-se que após 15 e 30 dias de aplicação da cama a campo já havia sido liberados a

superfície do solo, 16,3; 10,1; 123,6 e 37,3 e 24,9; 16,2; 134 e 50,6 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca respectivamente para o nível de cama de 4.953 kg ha⁻¹. Aos 180 dias e aos 365 dias após a aplicação da cama haviam sido liberados ao solo, 57,5; 40,2; 148 e 96,4 e 84,3; 57,3; 148 e 121 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca respectivamente para o nível de cama de 4.953 kg ha⁻¹. Estes valores duplicam e triplicam a medida que a adubação com cama de aviário passa de 4.953 para 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹.

Comparando os valores de N, P e K liberados pela cama de aviário com a demanda destes nutrientes para produção de 10 t ha⁻¹ de milho (150, 70 e 100 kg ha⁻¹ de N, P e K) e 3 t soja ha⁻¹ (35 e 85 kg ha⁻¹ de P e K) segundo CQFS (2004) (considerando teores médios destes nutrientes no solo) observa-se que os valores de N, P e K liberados até os 180 dias com a aplicação de 4.953 kg ha⁻¹ de cama são suficientes para atender a exigência da soja e parte da exigência do milho, que por ser mais exigente, necessita níveis maiores de cama para atender as exigências de N a fim de produzir 10 t ha⁻¹ de grãos. Por outro lado, se 9.907 ou 14.860 kg ha⁻¹ de cama de aviário for aplicada ao milho, os níveis de P e K irão exceder a demanda da cultura em 10 e 196 e 50 e 346 kg ha⁻¹ de P e K, respectivamente, tendo as demandas de N atingidas apenas no maior nível de cama de aviário.

Este problema sempre irá acontecer uma vez que relação N/P do esterco é menor do que a relação N/P exigida pela cultura, o que ao longo de aplicações repetidas da cama pode levar ao acúmulo de P no solo (Kingery et al., 1994). Adeli et al. (2005) relatou uma relação N/P da cama de 1,8. Ainda, o autor relata que a soja absorve N e P a uma relação de 10:1 e Von Pinho et al. (2009) relataram que, para produzir uma tonelada de grãos de milho são necessários 22,3 e 5,3 kg de N e P, respectivamente, o que resulta em uma relação N/P de 4,2:1. Considerando a demanda da relação N/P da soja e do milho, é possível sugerir que quando cama de aviário é aplicada como fonte única a fim de suprir a necessidade de N das culturas, excesso de P será aplicado.

Sistani et al. (2004) and Robinson & Sharpley (1995) após aplicações contínuas de cama de aviário a fim de atender as exigências nitrogenadas das culturas relataram problemas com o acúmulo de P na superfície do solo e consequentes problemas ambientais. O teor de P dos solos brasileiros é geralmente baixo, entretanto, as recomendações de cama de aviário devem observar possíveis efeitos do excesso da aplicação deste nutriente quando a recomendação for feita com base na exigência nitrogenada das culturas e após sucessivas aplicações da cama. Neste sentido, a recomendação dos níveis de cama com o objetivo de atender as exigências de P e K das plantas e a complementação com N mineral em cobertura

apresenta-se como uma boa opção na busca pelo sincronismo entre a liberação e a absorção dos nutrientes e a fim de melhorar o uso dos nutrientes e evitar a sua perda.

Sugere-se também que pastagens sejam introduzidas em áreas que necessitam receber altos níveis de cama de aviário em função do seu alto potencial de absorção de nutrientes do solo. Sistani et al. (2004) avaliando o uso da cama de aviário na produtividade da Tifton 85 observaram acúmulo de 344, 58 e 472 kg ha⁻¹ de N, P e K dos 471, 328, e 414 kg ha⁻¹ de N, P e K aplicados no solo via 15,7 t ha⁻¹ de cama de aviário. Sistani et al. (2004) relatam produções de 16.948 e 18.772 kg ha⁻¹ de MS para o 1º e 2º ano de avaliação somente com o uso de 15,7 t ha⁻¹ de cama de aviário. Apesar das suas vantagens como fertilizante orgânico, as atuais restrições de uso da cama de aviário em pastagens, sendo necessários a incorporação e vazio sanitário de 40 dias estabelecido pela instrução normativa numero 25 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (Mapa, 2009) tem dificultado e restringido a sua aplicação em pastagens diante da dificuldade de incorporação em pastagens perenes e da problemática de se incorporar a cama em áreas de pastagens anuais implantadas sob sistema de plantio direto.

Ainda, o custo com fertilizantes continuam aumentando em função da alta demanda. Devido a isto, é importante que na hora de escolher entre fertilizante mineral e orgânico, o produtor considere o efeito em longo prazo da cama e suas vantagens secundárias. No sentido de comparar a adubação mineral com a cama de aviário percebe-se que teriam que ser aplicados 3.150 kg ha⁻¹ da fórmula 08-12-17 para suprir ao solo a mesma quantidade de nutrientes que a aplicação de 14.860 kg ha⁻¹ supriu ao longo de um ano, isto sem considerar o efeito residual restante da cama. Simulando uma aplicação com KCl, teria de ser aplicado ao solo 922 kg ha⁻¹ KCl para atingir os níveis de K liberados pela aplicação de 14.860 kg ha⁻¹ de cama de aviário.

Robinson & Sharpley, (1995) avaliando a liberação de nutrientes apartir da aplicação de 10 t ha⁻¹ de cama de aviário, composta de maravalha de pinus, contendo uma média de 360 kg ha⁻¹ de N e 158 kg ha⁻¹ P sob 5 chuvas simulada de 50 minutos e 2,54 cm h⁻¹ com intervalo de 1 hora entre cada chuva, relataram uma liberação rápida de nutrientes, tendo 60% de N e 40% do P liberado durante as cinco chuvas perdidos durante a primeira chuva. A diminuição na liberação de N e P com as chuvas consecutivas foi rápida, entretanto, durante este período, 80 kg NH₄N ha⁻¹ (22% do total) e 15 kg de P inorgânico ha⁻¹ (10% do total) foram liberados da cama de aviário.

King & Torbert (2007) avaliando a perda de $\text{NO}_3\text{-N}$ da cama sob chuva simulada observaram uma perda de 26% na primeira chuva do total liberado ao longo de 10 semanas de avaliação. As perdas foram, em geral reduzido com eventos subseqüentes de chuvas. Easton & Petrovic (2004) avaliando a recuperação de nutrientes na primeira chuva em área com gramado também relatou que a maior liberação de nutrientes aplicados via cama foi medido após a primeira chuva após a aplicação da cama.

Estes altos valores demonstram a rápida taxa de liberação do N e do P da cama de aviário durante as primeiras chuvas após a sua aplicação e daí a importância do uso da previsão do tempo no sentido de evitar aplicações da cama antes de chuvas fortes, uma vez que estes nutrientes ao serem liberados, podem ser perdidos por escoamento superficial ou lixiviação.

Edwards & Daniel (1992) comentam sobre a importância de se usar a previsão do tempo para evitar a aplicação de cama antes de chuvas fortes. Por outro lado, Chambers et al. (1997), relatam que a perda de N pela aplicação superficial da cama de aviário pode variar de 15 a 45% no N amoniacal sendo que a maior parte desta perda ocorre na primeira semana após a aplicação a campo. De acordo com Sharpe et al. (2004), precipitações levels (17 mm) logo após a aplicação da cama de aviário são importantes uma vez que reduzem significativamente a volatilização de amônia e a perda de nitrogênio provavelmente pelo transporte do N da cama para o interior do solo.

Robinson & Sharpley, (1995) avaliando o N dissolvido em água após a aplicação de 10 t ha^{-1} de cama encontraram teores de $\text{NO}_3\text{-N}$ que variaram de 0,2 a $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ sendo que o $\text{NH}_4\text{-N}$ representou mais de 95% do N liberado, possibilitando assim inferir que não houve lixiviação de $\text{NO}_3\text{-N}$. Schroeder et al. (2004) avaliando o efeito da chuva (10 eventos) sobre a perda de fósforo por escoamento superficial após aplicação de 13 t ha^{-1} de cama de aviário observou que apenas 5,7% do P aplicado foi perdido indicando que uma parcela significativa do P aplicado permanece retido no perfil do solo.

Devido à rápida liberação inicial de nutrientes da cama, o N, P e K disponíveis e não absorvido pelas plantas estarão potencialmente susceptíveis a perdas pelo transporte da água na infiltração ou escoamento de superfície durante a chuva e por isto, sugere-se que o momento da aplicação da cama coincida com os períodos de ativo crescimento das culturas a fim de combinar a máxima produtividade agrônômica com o mínimo de perdas de nutrientes. Além disso, as exigências da planta e a absorção de nutrientes variam durante o período vegetativo sendo que fertilizantes orgânicos com liberação contínua de nutrientes melhor

atendem às necessidades nutricionais das culturas anuais durante os períodos ativos de absorção de nutrientes. Sugere-se também que caso não se obtenha esta sincronia, seja pelo momento de limpeza dos aviários, seja pelo estágio de crescimento das culturas, se armazene a cama em local protegido da chuva (galpão ou lona) uma vez que ocorrem grande perdas de amonia da cama amontoadas a campo sob condições ambientais (alta umidade) (Cabrera & Chiang, 1994) e fatos como este comprometem a qualidade da cama, provocam prejuízo ambiental e menor retorno econômico ao produtor.

3.6 CONCLUSÃO

1. A maior liberação de N, P, K e Ca ocorre durante os primeiros 60 dias após aplicação da cama de aviário a campo.
2. Potássio foi o nutriente mais rapidamente liberado da cama de aviário.
3. Aos 150 dias após incubação da cama de aviário a campo, 54, 51 e 52% do N, P e Ca já haviam sido liberados ao solo. Aos 365 dias após incubação da cama de aviário a campo, 84, 82 e 70% do N, P e Ca já haviam sido liberados ao solo.
4. Os efeitos residuais da decomposição da massa seca e a liberação de N, P e Ca da cama de aviário persistiram por um ano.

3.7 LITERATURA CITADA

- ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E. & TEWOLDE, H. Effects of Broiler Litter on Soybean Production and Soil Nitrogen and Phosphorus Concentrations. *Agron. J.*, 97:314-321, 2005.
- ADELI, A.; SHANKLE, M.W.; TEWOLDE, H.; SISTANI, K.R. & ROWE, D.E. Nutrient Dynamics from Broiler Litter Applied to No-Till Cotton in an Upland Soil. *Agron. J.*, 100:564-570, 2008.
- ALMEIDA, K. Adubos verdes na produção de alface e cenoura sob sistema orgânico. 131p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura). Faculdade Estadual Paulista – Julio de Mesquita Filho. Botucatu, SP. 2009.

- AYARZA, M.A. Potassium dynamics in a humid tropical pasture in the Peruvian Amazon. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC. 1988.
- BITZER, C.C. & SIMS, J.T. Estimating the availability of nitrogen in broiler litter through laboratory and field studies. *J. Environ. Qual.*, 17:47-54, 1988.
- CABRERA, M.L. & CHIANG, S.C. Water content effect on denitrification and ammonia volatilization in poultry litter. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 58:811-816, 1994
- CASTELLANOS, J.Z. & PRATT, P.F. Mineralization of manure nitrogen - Correlation with laboratory indexes. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 45:354-357, 1981.
- CHAMBERS, B.J.; SMITH, K.A. & VAN DER WEERDEN, T.J. Ammonia emissions following the land spreading of solid manures. In: JARVIS, S.C. & PAIN, B.F. ed. *Gaseous nitrogen emissions from grasslands*. Oxon, CAB Internat, 1997. p.275-280.
- CQFS. Comissão de química e fertilidade do solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. [s.n.]. Porto Alegre, 2004. 394p.
- DOUGLAS, B.F. & MAGDOFF, F.R. An evaluation of nitrogen mineralization induces for organic residues. *J. Environ. Qual.*, 20:368-372, 1991
- EDWARDS, D.R. & DANIEL, T.C. Environmental impacts of farm poultry waste disposal – A review. *Biores. Technol.*, 41:9-33, 1992.
- EGHBALL, B.; GINTING, D. & GILLEY, J.E. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agron. J.*, 96:442-447, 2004.
- EASTON, Z.M. & PETROVIC, A.M. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. *J. Environ. Qual.*, 33, 645–655. 2004
- EVERS, G.W. Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for coastal bermudagrass production in the southeastern U.S. *J. Sustainable Agric.*, 12:55-57, 1999.
- FRIEND, A.L.; ROBERTS, S.D.; SCHOENHOLTZ, S.H.; MOBLEY, J.A. & GERARD, P.D. Poultry litter application to Loblolly pine forests: Growth and nutrient containment. *J. Environ. Qual.*, 35:837-848, 2006.

- GALE, P.M. & GILMOUR, J.T. Carbon and nitrogen mineralization kinetics for poultry litter. *J. Environ. Qual.*, 15:423-426, 1986.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. & AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:1097-1104, 2003.
- GORDILLO, R.M. & CABRERA, M.L. Waste management. Mineralizable nitrogen in broiler litter: I. Effect of selected litter chemical characteristics. *J. Environ. Qual.*, 26:1672-1679, 1997.
- HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. & SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., ed. *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. Wallingford, UK. CAB International, 1997. p.3-30.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. [2011]. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=890> > Acesso em: 05 de fev. 2010.
- KING, K.W & TORBERT, H.A. Nitrate and ammonium losses from surface-applied organic and inorganic fertilizers. *J. Agric. Science*, 145:385-393, 2007.
- KINGERY, W.L.; WOOD, C.W.; DELANEY, D.P.; WILLIAMS, J.C. & MULLINS, G.L. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. *J. Environ. Qual.*, 23:139-147, 1994.
- KPOMBLEKOU, K.A. Relative proportion of inorganic and total nitrogen in broiler litter as determined by various methods. *J. Sci. Food. Agric*, 86:2354-2362, 2006.
- LUPWAYI, N.Z.; CLAYTON, G.W.; O'DONOVAN, J.T.; HARKER, K.N.; TURKINGTON, T.K. & SOON, Y.K. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Soil. T. Resear.*, 95:231-239, 2007.
- LUPWAYI, N.Z. & HAQUE, Z. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from sesbania and leucaena leaves varying in chemical composition. *Soil. Biol. Biochem.*, 30: 337-344. 1998.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução normativa n. 25, de 23 de Julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes

orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. **Diário Oficial da União**, 28 de julho de 2009, seção 1. p18.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2.ed. San Diego, Academic, 1995. 889p.

McGRATH, S.; MAGUIRE, R.O.; TACY, B.F. & KIKE, J.H. Improving soil nutrition with poultry Litter application in low input forage systems. *Agron. J.*, 102:48-54, 2009.

MIELNICZUK, J. & SELBACH, P. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:115-120, 1982.

MITCHELL, C.C. & TU, S. Long-Term Evaluation of Poultry Litter as a Source of Nitrogen for Cotton and Corn. *Agron. J.*, 97:399-407, 2005.

NYAKATAWA, E.Z.; REDDY, K.C. & BROWN, G.F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. *Field Crops Res*, 71:159-171, 2001.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. California, Academic Press, 1996. 340p.

QAFOKU, O.S.; CABRERA, M.L.; WINDHAM, W.R. & HILL, N.S. Rapid Methods to Determine Potentially Mineralizable Nitrogen in Broiler Litter. *J. Environ. Qual.*, 30:217-221, 2001.

ROBINSON, J.S. & SARPLEY, A.N. Release of Nitrogen and Phosphorus from Poultry Litter. *J. Environ. Qual.*, 24:62-67, 1995.

SCHROEDER, P.D.; RADCLIFFE, D.E. & CABRERA, M.L. Rainfall Timing and Poultry Litter Application Rate Effects on Phosphorus Loss in Surface Runoff. *J. Environ. Qual.*, 33:2201-2209, 2004.

SHARPE, R.R.; SCHOMBERG, H.H.; HARPER, L.A.; ENDALE, D.M.; JENKINS, M.B. & FRANZLUEBBERS, A.J. Ammonia Volatilization from Surface-Applied Poultry Litter under Conservation Tillage Management Practices. *J. Environ. Qual.*, 33:1183-1188, 2004.

SINGH, Y.; GUPTA, R.K.; THIND, H.S.; SINGH, B.; SINGH. V.; SINGH. J. & LADHA, J.K. Poultry litter as a nitrogen and phosphorus source for the rice-wheat cropping system. *Biol. Fertil. Soils.*, 45:701-710, 2009.

- SISTANI, K.R.; BRINK, G.E.; ADELI, A.; TEWOLDE, H. & ROWE, D.E. Year-Round Soil Nutrient Dynamics from Broiler Litter Application to Three Bermudagrass Cultivars. *Agro. J.*, 96:525-530, 2004.
- TEDESCO, M. J. Análise de solo, plantas e outros minerais. Porto Alegre, UFRGS: Depto. de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p.
- VON PINHO, RG.; BORGES, I.D.; PEREIRA, J.L.A.R & REIS, M.C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *R. Bras. Milho. Sorgo*, 8:157-173, 2009.
- WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. *Ecology.*, 63:1636-1642, 1982.
- WERLE, R.; GARCIA, R. A. & ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2297-2305, 2008.
- WOOD, B.H.; WOOD, C.W.; YOOQ, K.H. & DELANEY, D.P. Nutrient accumulation and Nitrate leaching under broiler litter amended corn fields. *Comm. Soil. Sci. Plant. Anal.*, 27:2875-2894, 1996.
- ZANCHET, M.S. Características das Ocupações na Agropecuária Paranaense. Curitiba: IPARDES, 2008.
- ZHANG, H. Animal Manure Can Raise Soil pH. Production technology, Department of Plant and Soil Sciences. v.10. n° 7. Oklahoma cooperative extension service, 1998.
- ZHANG, H.; SMOLEN, M.E. & HAMILTON, D. Poultry Litter Quality Criteria. v.14, n° 24. Production technology, Department of Plant and Soil Sciences. Oklahoma cooperative extension service, 2002.

**CAPÍTULO 4. Intensidades de pastejo e dinâmica da cama de aviário sobre a
produtividade do milho e da aveia + azevém**

Intensidade de pastejo e dinâmica da cama de aviário na produtividade do milho e da aveia + azevém

4.1 RESUMO.

O objetivo foi avaliar o efeito de intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário e um nível de adubação mineral na produção de milho e o efeito residual da cama aplicada no milho sobre a produtividade da aveia + azevém cultivada em sucessão, a fim de elucidar o potencial da utilização deste resíduo agrícola. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As intensidades de pastejo na aveia preta + azevém foram caracterizadas por diferentes alturas de entrada e saída dos animais dos piquetes em 25-05, 30-10 e 35-15 cm que representam à alta, média e baixa intensidade de pastejo, e um tratamento sem pastejo alocados nas parcelas principais. Após o período de pastejo, o milho foi cultivado nas subparcelas com quatro níveis de cama de aviário (0; 4.953; 9.907; 14.860 kg ha⁻¹) a fim de suprir 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) e um tratamento com adubação mineral conforme análise do solo. As intensidades de pastejo não afetaram a produtividade do milho. A produtividade do milho foi de 7.493; 8.458; 9.188; 10.247 e 11.028 kg ha⁻¹ respectivamente para os tratamentos sem cama, com 4.953; 9.907; 14.860 kg ha⁻¹ de cama e com adubação mineral. A cama de aviário aplicada no milho apresentou efeito residual aumentando a produção de massa seca da aveia + azevém cultivados em sucessão ao milho.

Termos para indexação: *Avena strigosa*, *Zea mays*, adubação mineral e orgânica, efeito residual, componentes de rendimento.

Grazing intensities and poultry litter fertilization levels on corn and oat + ryegrass yield

4.2 ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of grazing intensities and poultry litter levels and a mineral fertilization level on corn yield and litter residual effect on oat + ryegrass yield grown in succession to corn in order to elucidate the potential of use of this agriculture waste.

The experimental was laid out as a randomized block in a split-plot design with four replications. Black oat + ryegrass grazing intensities, characterized by different pasture sward management, with the entrance of animal at heights of 25, 30 and 35 cm and exit at heights of 5, 10 and 15 cm were allocated at the main plots. After the grazing period, corn was grown at the subplots with four levels of poultry litter (0; 4,953; 9,907; 14,860 kg ha⁻¹) aiming to supply 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) and a treatment with mineral fertilizer according to soil analysis. Grazing intensities had no effect on corn yield. Corn yield was of 7,493; 8,458; 9,188; 10,247 and 11,028 kg ha⁻¹ respectively for the treatments without litter, with 4,953; 9,907 and 14,860 kg ha⁻¹ of litter and mineral fertilization. There was a residual effect of poultry litter levels on oat yield grown in succession to corn.

Index terms: *Avena strigosa*, *Zea mays*, mineral and organic fertilizer, residual effect.

4.3 INTRODUÇÃO

O Brasil produz cerca de 50 milhões de toneladas de grãos de milho, sendo esta cultura responsável por 30,9% do total da produção brasileira. O Paraná, entre os estados brasileiros, é o maior produtor de milho, com 22,3% da produção nacional (Conab, 2010). Entretanto, apesar da sua importância na manutenção das propriedades rurais e da agroindústria ligada à avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite e da contínua evolução em ganhos de produtividade por área, a produtividade média nacional não ultrapassa os 4.000 mil kg ha⁻¹ (Conab, 2010) e está bem aquém do seu potencial. A baixa adoção de tecnologia, erros no manejo do solo associado a altas intensidades de pastejo, quando em áreas de integração lavoura-pecuária, e o baixo uso de fertilizantes, tanto na pastagem quanto nas culturas de verão podem ser citados entre os motivos desta baixa produtividade.

Embora haja muitos paradigmas a respeito da entrada de animais em áreas de integração lavoura-pecuária, observa-se forte crescimento na adoção desta tecnologia (Moraes et al., 2002). A sustentabilidade de sistemas produtivos está diretamente relacionada à intensidade de pastejo uma vez que esta afeta a área foliar e a interceptação luminosa do dossel o que, por sua vez, afeta as taxas de fotossíntese e a capacidade de produção de novas folhas (Silva & Pedreira, 1997). As características físico-químico-biológicas do solo também podem ser afetadas o que acaba resultando em perdas de produtividade das culturas cultivadas em sequência (Albuquerque et al., 2001). Assim, a taxa de lotação utilizada no sistema

integração lavoura-pecuária é determinante tanto da produção pecuária quanto agrícola (Carvalho et al., 2011). Neste contexto, trabalhos com pastejo rotativo avaliando diferentes intensidades de pastejo podem contribuir para a otimização do sistema produtivo.

Aliado às intensidades de pastejo, a adubação, em especial a nitrogenada, desempenha importante papel na produtividade do sistema. De acordo com Duete (2008), o nitrogênio (N) é o elemento exigido em maior quantidade pelo milho e o que mais frequentemente limita a sua produtividade. Ainda, em sistemas orgânicos de produção, a adição de N ao sistema é uma das principais dificuldades, sendo que entre as opções de fertilizantes orgânicos, a cama de aviário se destaca como uma excelente opção, pois além de apresentar altas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (Preusch et al., 2002) o seu uso como adubação orgânica permite ao mesmo tempo uma forma correta de descarte deste resíduo e também uma forma de adubação capaz de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (Eghball et al., 2004; McGrath et al., 2009) e também promover aumento no rendimento de culturas como a soja (Adeli et al., 2005), algodão (Mitchell & Tu, 2005), milho (Konzen et al., 2003; Sbardelotto & Cassol, 2009) e pastagens (Sistani et al., 2004).

No Brasil, por volta de 4,98 bilhões de aves (IBGE, 2010) de corte e 6,5 milhões de toneladas de cama ($1,3 \text{ kg ave}^{-1}$ por ciclo⁻¹) (Bellaver & Palhares, 2003) são produzidos anualmente. Apesar de suas vantagens, as atuais restrições de uso da cama de aviário em pastagens (necessidade de incorporação e vazio sanitário de 40 dias) estabelecidas pela instrução normativa numero 25 de julho de 2009 do MAPA (2009) tem dificultado e restringido a sua aplicação em pastagens diante da dificuldade de incorporação em pastagens perenes e da problemática de se incorporar a cama em áreas de pastagens anuais implantadas sob sistema de plantio direto.

Assim, o uso da cama de aviário em culturas anuais como milho apresenta-se como uma das melhores opções de descarte e manejo da cama (Klepker et al., 1989). Entretanto, pesquisas precisam ser conduzidas no sentido de avaliar qual o efeito dos níveis de cama na produtividade do milho. Ainda, poucos trabalhos na literatura comparam a adubação orgânica com a adubação mineral a taxas similares. Outra questão bastante atual remete ao possível efeito residual da cama a cultura seguinte a sua aplicação possivelmente resultando em uma redução nas taxas de aplicação na cultura seguinte ao seu uso bem como melhores comparações de preços entre fertilizantes minerais e fontes orgânicas.

Neste contexto, experimentos de campo são necessários para que se possa avaliar plenamente os impactos positivos e negativos dos animais e da aplicação da cama de aviário

sobre o sistema integração lavoura-pecuária. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de intensidades de pastejo na aveia + azéveo sobre o rendimento do milho submetido a níveis de cama de aviário e adubação mineral bem como o efeito residual da cama aplicada no milho sobre a produtividade da aveia + azéveo cultivados sequencialmente a fim de elucidar o efeito das intensidades de pastejo e o potencial de uso agrícola deste resíduo tão comum e disponível em algumas regiões do Brasil.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos de 2009/10 numa propriedade do município de Coronel Vivida-PR, entre as coordenadas de 25° 56'S e 52° 37'O, com uma altitude média de 730 m. O clima da região é o Cfa, subtropical úmido, segundo classificação de Köppen. Os dados meteorológicos do período experimental são apresentados na Figura 1 (Iapar, 2010).

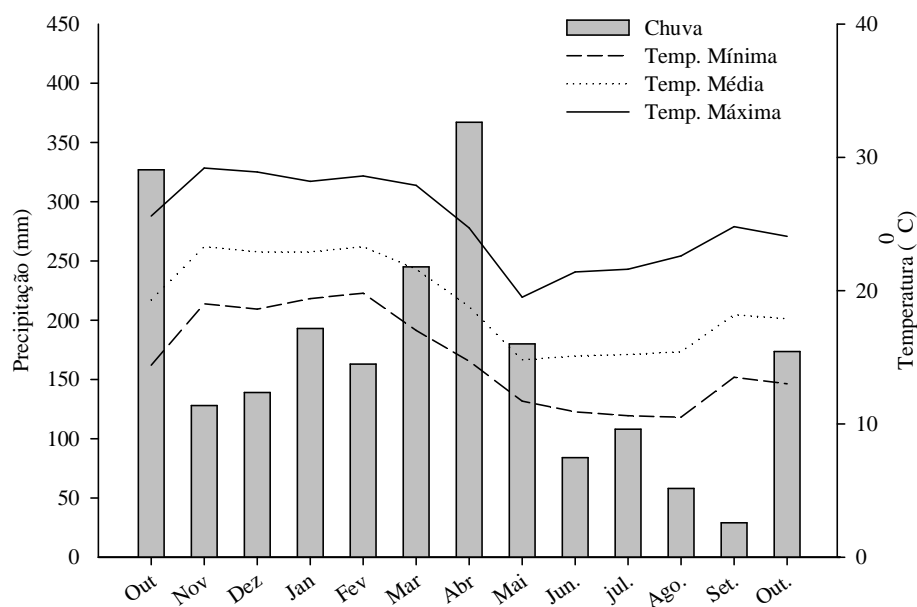


Figura 1 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental. Coronel Vivida - PR, 2009-2010. Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2010)

O experimento constou de três fases distintas em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais de 184 m² (23 m x 8,0 m), foram alocadas as intensidades de pastejo na aveia + azéveo e nas subparcelas os níveis de cama de aviário e adubação mineral no milho, com quatro repetições. Após a colheita do milho,

avaliou-se o efeito residual da cama de aviário nas parcelas manejadas sem pastejo e na altura 30-10 cm no inverno anterior seguindo o mesmo delineamento experimental.

Na fase inicial foram estabelecidas diferentes intensidades de pastejo na aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). A aveia foi semeada com uma densidade de semeadura de 100 kg ha⁻¹ de sementes no dia 07/05/09 e o azevém obtido via ressemeadura natural. A pastagem foi manejada até o dia 16/09/09 sob distintas intensidades de pastejo em pastejo rotativo caracterizado pelas alturas de 25-5, 30-10 e 35-15 respectivamente para a altura de entrada e saída dos animais dos piquetes caracterizando alta, média e baixa intensidade de pastejo com 100 Kg ha⁻¹ de N e um tratamento sem pastejo.

As unidades experimentais foram divididas com dois fios de cerca eletrificada e o pastejo foi realizado por vacas da raça holandesa (500 kg de peso vivo) que permaneceram na parcela por período variável de 5 a 10 horas até o ajuste das alturas preconizadas. Após pastejo, os locais não pastejados foram roçados a fim de uniformizar a altura da pastagem conforme estabelecido para cada tratamento e o resíduo retirado da parcela.

Na fase seguinte, após o período de pastejo (27/6/09 a 16/9/09), a área foi dessecada (17/09/2009 com 740 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e as parcelas divididas em 80 subparcelas de 4 x 3 m (12 m²) com espaçamento de 1 m entre as unidades, aonde foram alocados quatro níveis de adubação com cama de aviário (0; 4.953; 9.907 and 14.860 kg ha⁻¹) e um tratamento com adubação mineral. Nesta fase foi avaliada a influência das intensidades de pastejo e dos níveis de adubação sobre o rendimento do milho (cultivar Pionner 30R50) semeado no dia 14/10/09 em espaçamento de 0,83 m entre linhas e densidade de 60.000 plantas ha⁻¹.

A cama de aviário foi coletada em um aviário após a criação de onze lotes de aves com uma média de 17 mil aves por lote. Amostras compostas da cama foram coletadas durante o processo de limpeza do aviário alguns dias antes da aplicação a campo para determinação do teor de massa seca e teor de nutrientes. As amostras foram secas em estufa a 65 °C até peso constante.

Após a determinação do teor de matéria seca (MS), o material foi moído em moinho de faca tipo Willey (<40 mesh) e realizada a digestão sulfúrica, sendo o N total determinado em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldhal (Tedesco et al. 1995). Após, usando uma amostra da alíquota obtida na digestão, foram determinados os teores totais de P, K e Ca por fotolorimetria, fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica, respectivamente (Tedesco et al. 1995). A cama de aviário apresentou um teor de MS de 805 g

kg⁻¹ e uma concentração de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio de 25; 17,6; 37,2 e 44 g kg⁻¹ respectivamente.

A partir do teor de matéria seca e do teor de nitrogênio da cama calculou-se a quantidade de cama necessária para aplicar 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N obtendo valores de 4.953, 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹ de cama de aviário respectivamente, além de um tratamento controle sem cama. Importante observar também que além do N, os níveis de cama citados anteriormente proporcionaram a aplicação de 161 e 178; 321 e 356; 482 e 534 kg de P₂O₅ e K₂O. A aplicação da cama foi realizada manualmente em cobertura no dia de plantio do milho (14/10/2009).

A adubação mineral foi realizada conforme recomendação da CQFS (2004) para expectativa de produtividade do milho de 10 t ha⁻¹ e em função dos valores encontrados na análise de solo: pH-CaCl₂=5,3; P=9,93 mg.dm⁻³; K=0,90 cmol_c.dm⁻³; 4,2 g kg⁻¹ de matéria orgânica, Ca=6,2 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases=72%; CTC de 12,16 cmol_c.dm⁻³, teor de argila de 53 g kg⁻¹, teor de silte de 39,6 g kg⁻¹, realizada de 0 a 15 cm de profundidade antes da realização do experimento. Como adubação de base utilizou-se 350 kg ha⁻¹ da formulação 09-33-12 (31,5 kg ha⁻¹ de N, 115,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 42 kg ha⁻¹ de K₂O).

No tratamento com adubação mineral realizou-se a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N via aplicação de uréia em cobertura, fracionada em duas aplicações iguais, realizadas no estádio E1 ou 4 a 6 folhas no dia 11/11/09 e no estádio E2 entre 8 a 12 folhas totalmente expandidas no dia 02/12/09 de acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), observando sempre as condições de clima e umidade favoráveis para o máximo aproveitamento do N.

O crescimento e os componentes de rendimento do milho foram avaliados ao longo do ciclo a fim de melhor explicar os efeitos das intensidades de pastejo e níveis de adubação sobre o rendimento do milho. A avaliação da altura de plantas foi realizada aos 39, 50 e 86 dias após a semeadura das plantas pela medição de 14 plantas por unidade experimental medindo-se a distância do solo à inserção da folha bandeira com auxílio de uma régua graduada em centímetros. O diâmetro de colmo foi avaliado 39 dias após a semeadura do milho pela medição de 14 plantas por parcela do segundo entrenó a partir da superfície do solo com auxílio de um paquímetro digital. Para determinação dos componentes de rendimento do milho, foram avaliadas 25 espigas por parcela, das quais foram avaliados o comprimento e a espessura da espiga com auxílio de um paquímetro digital.

O número de grãos por espiga foi determinado pela razão entre o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira. A massa de 1.000 grãos foi avaliada pela contagem

manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%, e extrapolado para massa 1.000 grãos. Para o cálculo do rendimento de grãos de milho foram colhidas manualmente as três linhas centrais das subparcelas que em seguida, foram trilhadas e pesadas com balança de precisão (1g). Posteriormente, foi extrapolada a produção de grãos para um hectare, considerando-se a umidade padrão de 13%.

A terceira fase avaliou o efeito residual da cama de aviário aplicada no milho sobre a produtividade da aveia + azevém, cultivados na sequência. Foram avaliadas as parcelas com aveia + azevém manejados no inverno anterior na altura 30-10 cm e sem pastejo e as subparcelas com os diferentes níveis de cama de aviário. As avaliações foram realizadas via corte ao nível do solo de dois pontos representativos por unidades experimentais de 0,25 m² sempre que a aveia + azevém atingisse 30 cm de altura. Após as avaliações a pastagem foi roçada a 10 cm de altura. Após a coleta das amostras a campo, as mesmas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante e pesadas em balança de precisão para determinação da produção. A produção foi avaliada em períodos a fim de melhor caracterizar o efeito residual da cama. O primeiro período considerou do plantio realizado no dia 12/05/10 até o dia 12/07/10 (62 dias). O segundo de 13/07 até o dia 27/08 (46 dias) e o terceiro de 28/08 até 08/10 (42 dias) totalizando 150 dias de avaliação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SAS (2002), sendo que para o tratamento com adubação mineral foi realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e para os níveis de cama foram ajustados modelos de regressão de maior grau significativo.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito das diferentes intensidades de pastejo sobre o desenvolvimento e produtividade do milho para os tratamentos com cama de aviário. Lopes et al. (2009), avaliando o efeito da altura de pastejo de aveia + azevém (12, 19, 28 e 32 cm) em um sistema de pastejo com lotação contínua e um tratamento sem pastejo (40 cm) sobre o desenvolvimento da soja também não observaram efeito das diferenças intensidades de pastejo sobre o rendimento da cultura de verão, neste caso a soja.

É importante observar, entretanto, que altas intensidades de pastejo e a manutenção da pastagem a baixas alturas associado à falta de adubação do solo pode comprometer o sistema

plantio direto com o passar do tempo devido sua menor capacidade de manter palhada suficiente sobre o solo, resultando em solo desprotegido e mais susceptível à erosão e compactação superficial, iniciando assim o processo de degradação do solo e a redução na produtividade do sistema integração lavoura-pecuária (Carvalho et al., 2011).

Este contexto é ainda facilmente visualizado a campo, aonde efeitos negativos do pastejo ocorrem porque os erros são acumulativos, ou seja, de forma geral o produtor não respeita a altura adequada das plantas para entrar com os animais nos piquetes o que aliado a falta de adubação conduz a planta a um esgotamento logo no início do período de pastejo, que se agrava com o decorrer do tempo pela entrada repetitiva dos animais nos piquetes com baixa massa de forragem. Todos estes fatores somados resultam em menor produtividade da cultura de verão.

A altura de plantas e o diâmetro do colmo do milho avaliado ao longo do ciclo produtivo do milho diferiram em função dos níveis de cama (Figura 2).

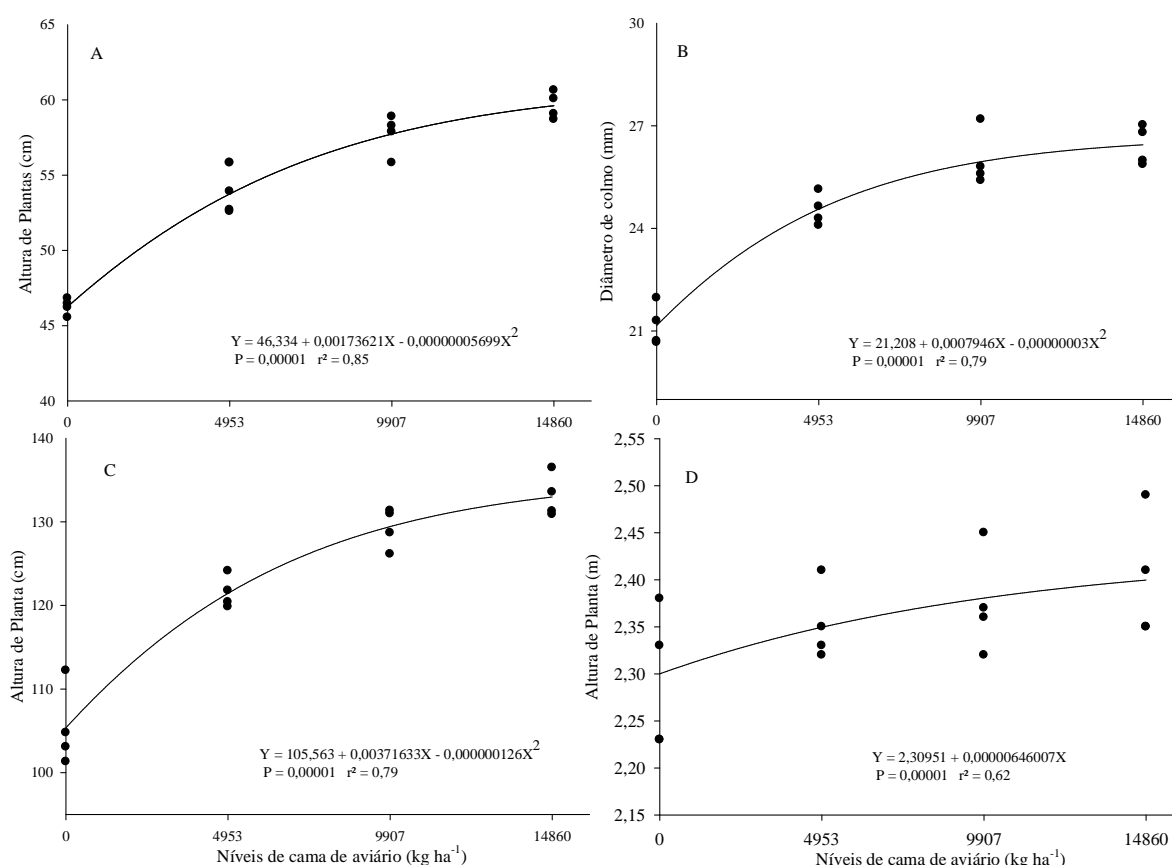


Figura 2 - Altura de plantas (A) e diâmetro de colmo (B) 39 dias após o plantio do milho, altura de plantas 50 (C; cm) e 86 dias (D; metro) após o plantio do milho em função dos níveis de cama de aviário. Coronel Vivida – PR, 2009-2010.

O crescimento médio referente aos 86 dias após o plantio foi de 2,67; 2,73; 2,76 e 2,79 cm dia⁻¹ respectivamente para o tratamento sem cama, com 4.954, 9.907 e 14.860 kg ha⁻¹ de cama. As maiores diferenças nas taxas de crescimento foram observadas na fase inicial de desenvolvimento da cultura do milho.

A diferença na altura de plantas entre o tratamento com 14.860 kg ha⁻¹ de cama e o tratamento controle foi de 28 cm aos 50 dias após o plantio (02/12/09) e reduziu para 10 cm aos 86 dias após plantio (07/01/10). Sbardelotto & Cassol (2009) também observaram que a altura das plantas de milho aumentaram a medida que os níveis de cama de aviário aumentaram. Mitchell & Tu (2005) avaliando a influência de níveis de cama no algodoeiro também observaram diferenças na altura de plantas, tendo as plantas maior altura no tratamento com cama de aviário. Além da maior altura, observa-se também (Figura 2) que o diâmetro de colmo demonstrou efeito quadrático em resposta aos níveis crescentes de cama utilizados comprovando o melhor desenvolvimento das plantas nos tratamentos com cama de aviário.

Estas diferenças podem ser explicadas pela dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário e possivelmente pela limitação de nitrogênio nos tratamentos sem cama ou com menores níveis de cama. Segundo Escosteguy et al. (1997), o nitrogênio determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos. Para o tratamento com adubação mineral, houve diferença entre as intensidades de pastejo para altura de plantas e diâmetro de colmos (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de altura (cm) e diâmetro de colmo (mm) de plantas de milho em função das intensidades de pastejo (sem pastejo, 35-15; 30-10 e 25-5 cm) no tratamento com adubação mineral. Coronel Vivida - PR, 2009-2010.

Data	Parâmetro	Intensidades de Pastejo			
		Sem Pastejo	35-15	30-10	25-5
21/11/2009	Altura	64,16 a	60,57 b	64,24 a	63,23ab
	Diâmetro	27,58 a	26,82 ab	27,64 a	25,85 b
02/12/2009	Altura	142,9 a	137,9 ab	142,1 a	134,5 b
07/01/2010	Altura	246,0 a	238,0 bc	243,0 ab	234,0 c

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem (P<0,05) pelo teste Tukey.

Observa-se no tratamento com adubação mineral um melhor desenvolvimento das plantas de milho para os tratamentos sem pastejo e 30-10 cm em relação ao tratamento 25-5 cm, apesar das diferenças não serem superiores a 12 cm. Ainda, o tratamento com adubação mineral demonstrou plantas maiores que os tratamentos com cama de aviário. Mitchell & Tu (2005) relatam também que para o mesmo nível de nitrogênio (134 kg ha^{-1}), plantas de algodão adubadas com nitrato de amônio apresentaram maiores alturas que as adubadas com cama de aviário, resultados estes semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), as plantas de milho tem seu potencial produtivo definido desde a fase inicial de desenvolvimento. Os autores relatam que, embora a fase inicial de desenvolvimento de milho (até três folhas) não tenha uma grande capacidade para absorver grandes quantidades de N, devido ao seu pequeno tamanho, níveis elevados de N mineral do solo durante este estágio parecem ser preponderantes a fim de obter altos níveis de rendimentos de grãos. Além disso, os autores afirmam que o número de fileiras e o número de grãos por fileira da espiga de milho é estabelecido antes da emissão da quarta folha, momento em que o potencial de produção é definido.

Yamada (1996), relata que a deficiência de N na fase inicial de milho compromete o desenvolvimento de várias partes da planta e reduzir o número de óvulo da espiga, reduzindo assim a produção. Além disso, entre os nutrientes, N é o que tem o maior efeito sobre o crescimento da planta e a sua disponibilidade estimula a atividade e o desenvolvimento das raízes, aumentando a absorção, não só de N, mas também de outros nutrientes (Yanai et al. 1996). Para Duete (2008), o nitrogênio é o nutriente exigido em maiores quantidades pela cultura do milho e em muitas situações, o fornecimento inadequado de N é considerado um dos fatores limitantes da produtividade de milho.

A influência da cama de aviário e a adubação mineral sobre o desenvolvimento do milho, expressados pela altura e diâmetro de colmo (Figura 2 e Tabela 1) interferiram posteriormente sobre os componentes de rendimento e na produtividade de grãos do milho. Todos os componentes do rendimento de milho mostraram uma resposta positiva em relação ao uso de níveis cama de aviário (Figura 3). A espessura e o comprimento da espiga aumentou com o aumento dos níveis de cama se ajustando a uma curva quadrática. O mesmo foi verificado para o número de fileiras por espiga e para o número de grãos por fileira, o que resultou em maior número de grãos por espiga. O peso de mil grãos também aumentou à medida que os níveis de cama aumentaram.

Sbardelotto & Cassol (2009) também observaram aumento no peso de mil grãos do milho com o aumento dos níveis de cama. Bortolini et al. (2001) também relataram relação positiva entre os componentes de rendimento e produção de milho.

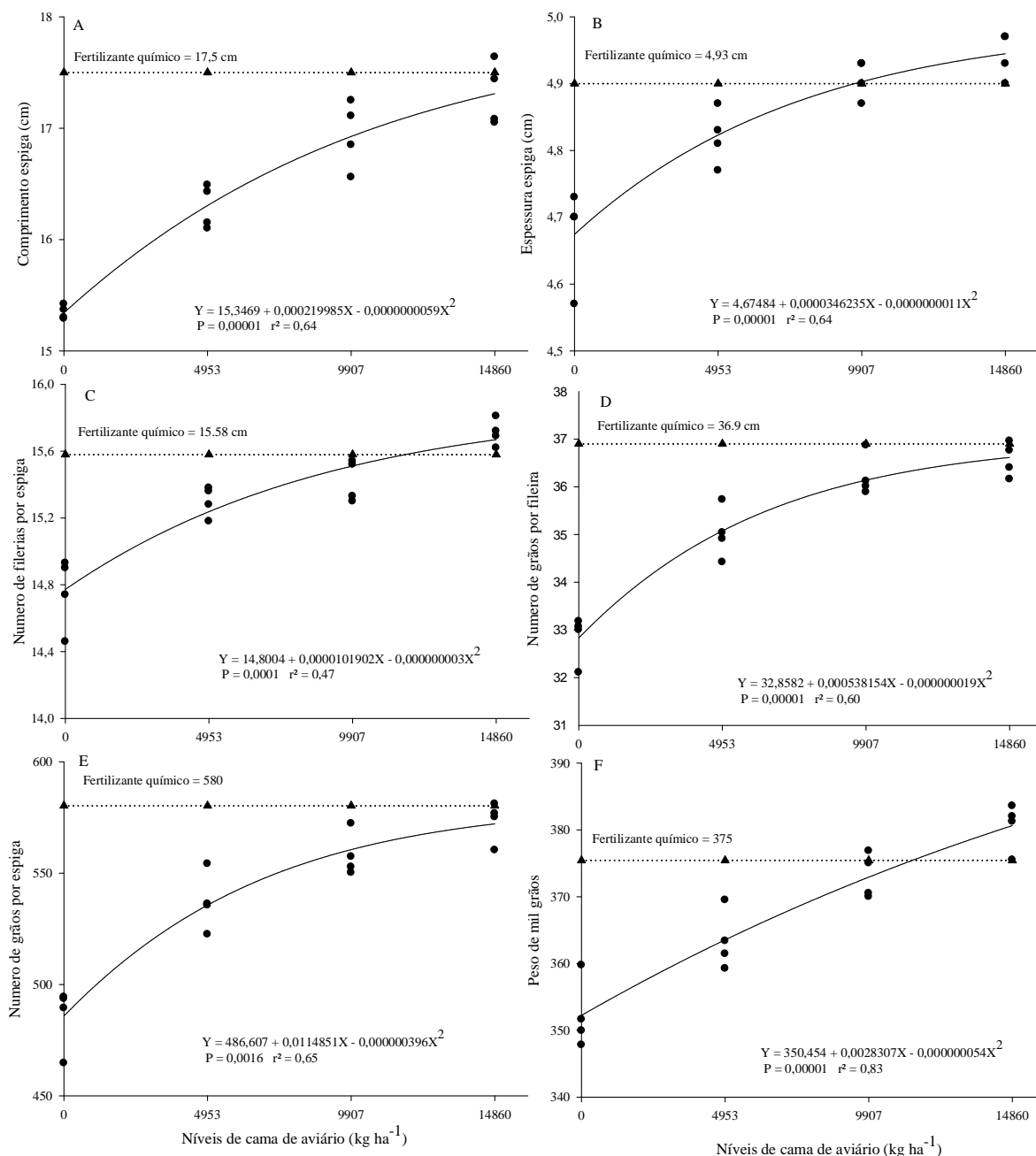


Figura 3 - Componentes de rendimento do de milho: comprimento de espiga (A), diâmetro de espiga (B), número de fileiras por espiga (C) número de grãos por fileira (D) numero de grãos por espiga (E) e peso de mil grãos (F) em função dos níveis de cama de aviário e da adubação mineral. Coronel Vivida - PR, 2009-2010.

A pequena diferença em relação ao peso de mil grãos entre o tratamento com $9,9 \text{ t ha}^{-1}$ de cama de aviário e do tratamento com fertilizante mineral e os maiores resultados encontrados no tratamento com $14,8 \text{ t ha}^{-1}$ de cama podem ser explicados pela dinâmica de decomposição da cama. Considerando que a definição do peso de mil grãos ocorre durante os períodos finais de desenvolvimento do milho, após a emissão do pendão e estigmas (Fancelli & Dourado Neto, 2000), sendo influenciado pelo fluxo de fotoassimilados que ocorrem durante este período, é possível inferir que maiores quantidades de N da cama estejam disponíveis ao milho, permitindo assim maiores pesos de mil grãos.

No entanto, a produtividade do milho nos tratamentos com cama de aviário foi menor do que a do fertilizante mineral uma vez que o número de grãos por espiga (definido pelo número de fileiras e pelo número de grãos por fileira), o qual é definido antes da quarta folha, foi comprometido nestes tratamentos, resultando no final do ciclo do milho, em menores produtividades. Este argumento é confirmado pelo menor desenvolvimento inicial das plantas de milho, como observado na figura 2. De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), quando não limitado por outros fatores, a maior disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em diferir maior número de grãos por espiga e consequentemente maior produtividade de grãos.

A produtividade de milho apresentou resposta linear entre os níveis de adubação com cama de aviário bem como efeito residual sobre a produtividade da aveia + azevém cultivados na sequência (Figura 4).

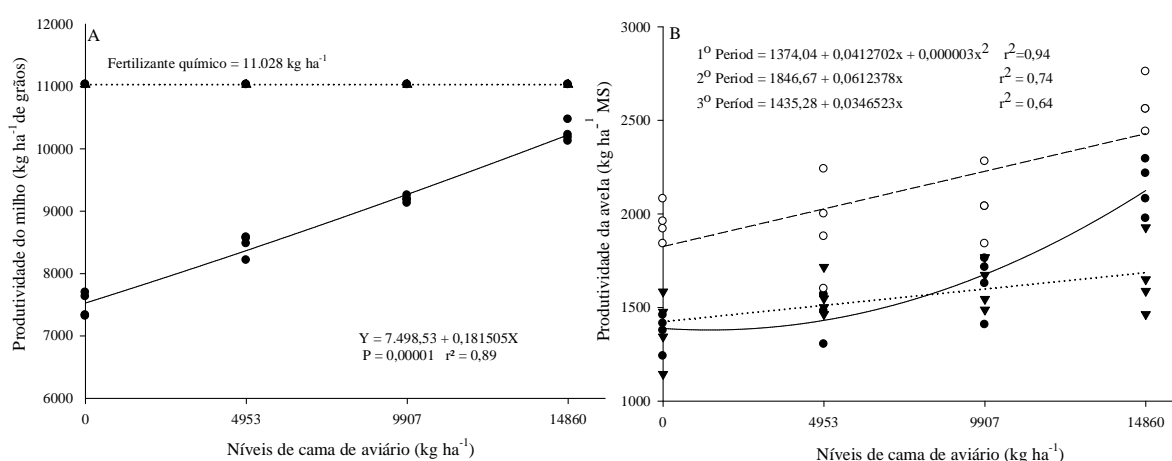


Figura 4 - Produtividade do milho (A) em função dos níveis de cama de aviário e da adubação mineral e produtividade da aveia + azevém (B) cultivada na sequência ao milho em função do efeito residual dos níveis de cama de aviário. Coronel Vivida, PR, 2009-2010.

A contribuição de N do solo e dos dejetos dos animais, as condições climáticas (Figura 1) adequadas ao desenvolvimento da cultura aliadas à aplicação de 100 kg ha^{-1} de N na aveia + azevém cultivados anteriormente ao milho podem ter influenciado a resposta dos tratamentos, possibilitando a produção de 7.458 kg ha^{-1} de milho no tratamento sem nitrogênio. Assmann et al. (2003) avaliando o efeito residual do nitrogênio (100 kg ha^{-1} de N) aplicados na aveia sob o rendimento do milho, encontrou produtividade de 9.083 kg ha^{-1} de grãos.

A adubação orgânica com 4.953, 9.907 e $14.860 \text{ kg ha}^{-1}$ de cama proporcionou em relação à testemunha, aumentos de 12, 22 e 36% (965; 1.691 e 2.754 kg ha^{-1}) na produção de grãos de milho em relação à testemunha. A maior produtividade de grãos, obtida com a adubação mineral ($11.203 \text{ kg ha}^{-1}$), foi 7,6% superior ao tratamento com $14.860 \text{ kg ha}^{-1}$ de cama. Bortolini et al. (2001) relatam produtividade de 9.470 kg ha^{-1} de grãos de milho com aplicação de 150 kg ha^{-1} de N.

Em concordância com os resultados, outros trabalhos também relatam efeito positivo da cama de aviário sobre a produtividade de diferentes culturas. Konzen (2003), avaliando os níveis de cama de frango de 3,6 e 5 t ha^{-1} na produção de milho observaram produtividades de 7.690 e 8.630 kg ha^{-1} respectivamente, em comparação ao controle que produziu 6.690 kg ha^{-1} . Adeli et al. (2005) observou resposta quadrática da produtividade da soja a diferentes níveis de cama de aviário, com produção de 2,47; 2,77; 3,11 e $3,18 \text{ t ha}^{-1}$ para os tratamentos sem cama e com 2,7; 5,4 e $10,9 \text{ t ha}^{-1}$ de cama respectivamente. Os autores salientam que aplicações maiores que $5,4 \text{ t ha}^{-1}$ de cama não melhoraram a produtividade da soja e excederam o potencial de uso de nitrogênio pela cultura, evidenciado pelo aumento nos teores de nitrato do solo. Sistani et al. (2004) avaliando o uso de $15,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de cama de aviário observaram produtividades de 16.948 e $18.772 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o 1º e 2º ano de avaliação da Tifton 85 e relatam que é possível conseguir ótimas produções apenas com cama de aviário.

Klepker et al. (1989) avaliando o potencial da cama de aviário como fertilizante observou que a aplicação de 5 t ha^{-1} de cama proporcionou rendimentos de grãos semelhantes ao obtido com a adubação mineral recomendada pela CQFS, (2004) para expectativas de rendimentos superiores a 6 t ha^{-1} . Entretanto, neste trabalho, a utilização de nitrogênio (uréia) em cobertura permitiu elevar significativamente o rendimento de grãos. Neste contexto, a mistura de níveis de cama com a adubação mineral (N) aplicadas em cobertura na fase inicial

de desenvolvimento de milho parece ser uma boa estratégia para se obter elevadas produtividades de milho.

Em relação ao efeito residual da aplicação de cama sobre a produtividade da aveia + azevém, não houve interação entre as intensidades de pastejo e os níveis de cama de aviário (Figura 4). Houve diferença entre as intensidades de pastejo e entre os níveis de cama de aviário utilizados. A produtividade da aveia + azevém nas parcelas submetidas à intensidade de pastejo 30-10 cm no inverno anterior foi inferior ao tratamento sem pastejo para o primeiro período de avaliação, apresentando valores de 1.873 e 2.003 kg ha⁻¹ de MS respectivamente. Para os demais períodos de avaliação, não houve diferença entre as intensidades de pastejo.

Em relação ao efeito residual da cama, a maior diferença na produtividade da aveia entre os níveis de cama foi observada no primeiro período de avaliação. A produção de matéria seca da aveia + azevém (kg ha⁻¹ de MS) do primeiro período aumentou em 14,4; 53,3 e 88,8% à medida que o nível de cama aumentou em relação a testemunha. Mitchell & Tu (2005) relataram que o efeito residual da cama de aviário no segundo ano após a aplicação resultou em aumentos de 30% na produção do algodão e no rendimento de grãos de milho em comparação ao tratamento que recebeu a adubação padrão de N no ano anterior.

Reddy et al. (2009) avaliando o desempenho da rotação algodão-algodão-milho com aplicações de cama de aviário no algodão observaram efeito residual da cama sobre o rendimento do milho. O efeito residual da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de cama de aviário apresentou um rendimento de grãos significativamente maior (36%) em comparação aos tratamentos do algodão que receberam nitrato de amônio, na mesma taxa. Os autores explicam que a aplicação superficial de cama no algodão em plantio direto pode ser responsável por sua mineralização lenta no ano de aplicação e maior fertilidade residual no ano seguinte. Além do aumento na produtividade do milho, Eghball et al. (2004) relatou que o efeito residual do esterco ou de compostos orgânicos influenciou positivamente por vários anos as propriedades do solo.

Nyakatawa et al. (2001) estudando o efeito residual da cama de aviário, observaram que a cama aplicada no algodão dois anos antes foi capaz de suprir parte do N requerido pelo milho. Para Selbach & Sá (2004) o efeito residual pode ser observado até na terceira cultura ou 18 meses após aplicação em culturas perenes. Assim, o nível de adubação com base na análise do solo também deve dar crédito para os efeitos residuais da cama, possivelmente resultando em uma redução nas taxas de aplicação no ano seguinte ao seu uso. Também, há de

se considerar este efeito residual na hora de se fazer comparações de preços entre fertilizantes minerais e fontes orgânicas.

Em relação à produtividade do milho e as fontes de adubação utilizada, em um primeiro momento, é possível sugerir que não vale a pena usar cama de aviário ao invés de fertilizante mineral, devido ao seu custo (preços médios de 60 reais por 60 kg de fertilizante e/ou uréia e/ou por tonelada de cama) e a diferença (1.840 kg ha^{-1}) na produtividades de milho entre o fertilizante mineral e nível de cama de $9,9 \text{ t ha}^{-1}$. Entretanto, quando a adição de nutrientes ao solo de ambas as fontes de fertilizantes é considerada, é possível inferir que o fertilizante orgânico deve ser recomendada uma vez adiciona muito mais nutrientes para o solo, sendo a diferença entre o nível de $9,9 \text{ t ha}^{-1}$ de cama e o fertilizante mineral de 19, 206 e 314 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O . Além disso, observa-se um efeito residual da cama aplicada no milho sobre a produtividade da aveia + azevém.

Devido a isto, é importante considerar além do preço do fertilizante, a adição de nutrientes ao solo, a sua dinâmica de liberação e efeito residual (Nyakatawa et al., 2001; Mitchell & Tu 2005; Reddy et al., 2009), seus efeitos sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo (Eghball et al., 2004; McGrath et al., 2009) e seu impacto ambiental para que com base nesses dados, possa tomar a decisão sobre qual a melhor fonte a se usar. Ainda, o uso conjunto de ambas as fontes deve ser considerada como um importante estratégia a fim de melhor balancear os nutrientes adicionados ao solo, o que pode resultar em maiores produtividades do milho.

4.6 CONCLUSÃO

1. As intensidades de pastejo não afetam o comprimento e espessura da espiga, o numero de fileiras e grãos por fileira, o numero de grãos por espiga e o peso de mil grãos e nem a produtividade de grãos do milho.

2. A produtividade de milho apresenta resposta linear aos crescentes níveis de adubação com cama de aviário.

3. A aplicação de cama de aviário no milho apresenta efeito residual sobre a produtividade da aveia + azevém cultivados em sucessão.

4.7 LITERATURA CITADA

ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E.; TEWOLDE, H. Effects of Broiler Litter on Soybean Production and Soil Nitrogen and Phosphorus Concentrations. **Agronomy Journal**, v.97, p.314-321, 2005.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, E. Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI, P.J.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003.

IBGE. Pesquisa do IBGE aponta alta no abate de bovinos, suínos e frangos em 2010. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-03-31/pesquisa-do-ibge-aponta-alta-no-abate-de-bovinos-suinos-e-frangos-em-2010>. Acesso em: 17 de abr. 2011.

BELLAVER, C.; PALHARES, C. P. Uma visão sustentável sobre a utilização da cama de aviário. **Avicultura Industrial**, n.06, p.14-18, 2003.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1101-1106, 2001.

CARVALHO, P.C.de.F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T.R. MARTINS, A.P.; COSTA, S.E.V.G.de.A.; SILVA, F.D.; ASSMANN, J.M.; LOPES, M.L.T.; PFEIFER, F.M.; CONTE, O.; SOUZA, E.D. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 62 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira, quarto levantamento, Janeiro 2010**: Companhia Nacional de abastecimento. – Brasília: Conab, 39 p. 2010.

CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, RS: SBCS/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.161-171, 2008.

EGHBALL, B.; GINTING, D.; GILLEY, J.E. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. **Agronomy Journal**, n.96, p.442-447, 2004.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. [2011]. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=890>> Acesso em: 05 de fev. 2010.

KLEPKER, D.; CERETTA, C.A.; BAYER, C. Efeito da cama de aviário, nitrogênio em cobertura e calagem sobre o rendimento de grãos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Centro de ciências rurais**. v.19, n.3, p.203-210, 1989.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 31).

LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P.C.de.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES, J.P.C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.39, p.1499-1506. 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução normativa n. 25, de 23 de Julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. **Diário Oficial da União**, 28 de julho de 2009, seção 1. p18.

McGRATH, S.; MAGUIRE, R.O.; TACY, B.F.; KIKE, J.H. Improving soil nutrition with poultry litter application in low input forage systems. **Agronomy Journal**. v.102, p.48-54, 2009.

MITCHELL, C.C.; TU, S. Long-Term Evaluation of Poultry Litter as a Source of Nitrogen for Cotton and Corn. **Agronomy Journal**. v.97, p.399-407, 2005.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A.; ASSMANN, T.S. (Ed.). **I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. 2002. p.3-42.

NYAKATAWA, E.Z.; REDDY, K.C.; BROWN, G.F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. **Field Crops Research**, v.71, p.159-171, 2001.

PREUSCH, P.L.; ADLER, P.R.; SIKORA, L.J.; TWORKOSKI, T.J. Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. **Journal of Environmental Quality**, v.31, p.2051-2057, 2002.

REDDY, S.S.; NYAKATAWA, E. Z.; REDDY, K.C.; RAPER, R.L.; REEVES, D.W.; LEMUNYON, J. L. Long-term effects of poultry litter and conservation tillage on crop yields and soil phosphorus in cotton–cotton–corn rotation. **Field Crops Research**, v. 114, p.311–319, 2009.

SAS INSTITUTE. SAS: User's guide: statistics. Version 8.2. 6 ed. Cary: SAS Institute Inc., 2002.

SBARDELOTTO, G.A & CASSOL, L.C. Desempenho da cultura do milho submetida a níveis crescentes de cama de aviário. **Synergismus scyentifica**, v.4, n.1. 2009

SELBACH, P.A; SÁ, E.L.S. Fertilizantes orgânicos, organominerais e agricultura orgânica In: BISSANI, C.A.; GIANELLO,C.; TEDESCO, M.J; CAMARGO, F.A.O (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.328.

SISTANI, K.R.; BRINK, G.E.; ADELI, A.; TEWOLDE, H.; ROWE, D.E. Year-Round Soil Nutrient Dynamics from Broiler Litter Application to three Bermudagrass Cultivars. **Agronomic Journal**, v.96, p.525–530, 2004.

SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios da ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA PASTAGEM, 3.,1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1995. 174p.

YANAI, J.; LINEHAN, D.J.; ROBINSON, D.; YOUNG, I.M.; HACKETT, C.A.; KYUMA, K.; KOSAKI, T. Effects of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil solution composition in the root zone of maize. **Plant and Soil**, v.180, p.1-9, 1996.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar**. Piracicaba, POTAFOS, 1996. 5p. (Informações Agronômicas, 74)

CAPÍTULO 5. Considerações finais

Este trabalho ao estudar o efeito de intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário sugere outra opção para os sistemas integrados de produção, a avicultura integrada à produção de grãos e pecuária de corte ou leite. A cama de aviário, produzida como resíduo da atividade avícola, se apresenta com excelente potencial fertilizante, que pode ser aplicado em áreas de pastagens ou áreas de cultivo de grãos.

Com relação à intensidade de pastejo, os resultados demonstram que a altura de pastejo 25-05 cm não deve ser utilizada uma vez que compromete o potencial produtivo de matéria seca, a biomassa residual pós pastejo e acelera a decomposição destes resíduos, comprometendo a proteção do solo e o sistema plantio direto. Com relação ao efeito das diferentes intensidades de pastejo sobre a produção do milho cultivado na sequência, apesar de não ter sido observado diferenças entre os tratamentos, o pastejo na altura de 25-05 cm pode comprometer o sistema a médio e longo prazo pela menor produção de biomassa vegetal e pela menor biomassa residual pós pastejo.

A biomassa residual do tratamento sem pastejo possivelmente interferiu na disponibilidade de N durante o período inicial de desenvolvimento do milho, o que pode ter reduzindo a taxa inicial de crescimento do milho neste tratamento. Este problema de imobilização também pode ocorrer quando grandes quantidades de cama (10 a 15 t ha⁻¹) são aplicadas em dose única, o que acaba por outro lado, sendo amenizado pela maior disponibilidade de N suprida pela maior quantidade da cama aplicada.

Em pastejo rotativo, alturas de pastejo entre 30-10 e 35-15, além de proporcionar um maior acúmulo de biomassa e maior biomassa residual pós pastejo que o tratamento 25-05, também não apresenta efeitos prolongados de imobilização de N, permitindo um boa relação entre proteção do solo e liberação de nutrientes, otimizando a produção do milho cultivado na sequência.

A adubação com cama de aviário se mostra muito promissora dado sua alta concentração de N, P, K e Ca associada à resposta produtiva do milho e efeito residual na cultura seguinte representada pelo aumento dos índices produtivos da aveia + azevém. No entanto, restrições legais no uso da cama estabelecidas pela instrução normativa numero 25 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento tem limitado e restringido a aplicação da cama de aviário em pastagens.

A necessidade de incorporação ao solo e vazio sanitário de 40 dias entre a aplicação da cama e o pastejo limitam e restringem o uso da cama de aviário em pastagem, especialmente em áreas com sistema plantio direto. Em função destes fatores, as restrições com relação ao

uso da cama de aviário em pastagem devem ser revistas uma vez que a probabilidade dos animais consumirem esta cama, aplicada na superfície do solo antes do plantio da aveia + azevém e provocar problemas como o mau da vaca louca é muito baixa. Ainda, as restrições comerciais e preocupações globais com relação ao uso da cama deveriam ser iguais entre os países, uma vez que alguns podem utilizar a cama na alimentação animal e outros sofrem restrições de uso, mesmo em pastagem, aonde a probabilidade de consumo é muito baixa.

Ainda, na hora de optar por uma ou outra forma de correção do solo, é importante que produtor considere o efeito residual da cama para a cultura seguinte, uma vez que os efeitos da adubação com cama de aviário seguem além de cultura no qual esta foi aplicada. Ainda em relação à recomendação, é importante que a mesma seja feita em função da exigência de fósforo ou potássio das culturas e a deficiência de nitrogênio seja corrigida via uso de alguma fonte mineral de N, uma vez que quando a recomendação é feita com base na exigência de nitrogênio, excessos de P e K acabam sendo aplicado, o que pode após anos consecutivos de uso da cama se agravar aumentando os riscos de perdas destes nutrientes e contaminação do ambiente.

Recomenda-se também que trabalhos de pesquisa tenham repetição ou no tempo ou no espaço, a fim de facilitar a publicação dos resultados em periódicos renomados em Agronomia. Neste sentido, sugere-se também que projetos avaliando o uso da cama de aviário sejam elaborados no sentido de contemplar vários anos de avaliação, uma vez que a sua dinâmica no solo precisa ser avaliado ao longo do tempo, para melhor compreender possíveis benefícios e malefícios, como aumento no teor de matéria orgânica, aumento no pH do solo, riscos de contaminação com metais pesados e excesso de nutrientes.

Sugere-se também que trabalhos sejam feitos no sentido de avaliar o uso conjunto de fontes minerais + cama de aviário e de que estes trabalhos procurem abordar a parte econômica e demais vantagens do uso singular ou misto da cama de aviário. Além da avaliação agrônômica e econômica do uso da cama de aviário, recomenda-se que trabalhos sejam desenvolvidos no sentido de avaliar a presença de resíduos químicos como antibióticos e coccidiostáticos na cama bem como a dinâmica destes resíduos no solo, nas plantas e nos animais.

Enfatiza-se também que o planejamento dos sistemas integrados de produção pode ocorrer em nível de propriedade ou em nível de região, aonde ocorre à interação entre a produção de grãos, aves, leite e outros produtos. Neste contexto, salienta-se a importância das integradoras no gerenciamento da produção e uso dos resíduos gerados na produção animal.

CAPÍTULO 6. Referências

ADELI, A.; SHANKLE, M.W.; TEWOLDE, H.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E. Nutrient Dynamics from Broiler Litter Applied to No-Till Cotton in an Upland Soil. **Agronomy Journal**, v.100, p.564-570. 2008.

ADELI, A.; ROWE, D.E.; READ, J.J. Effects of soil type on bermudagrass response to broiler litter application. **Agronomy Journal**, v.98, p.148-155. 2006.

ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E.; TEWOLDE, H. Effects of Broiler Litter on Soybean Production and Soil Nitrogen and Phosphorus Concentrations. **Agronomy Journal**, v.97, p.314-321. 2005.

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A.J.Q.; GIANLUPPI, G.D.F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1523-1530, 2008.

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS D.T.; FREITAS, F.K.; LOPES, M.T. Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1765-1773, 2006.

AMADO, T.J.C., MIELNICSUK, J., AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

ANGHINONI, I.; ASSMANN, J.M.; MARTINS, A.P.; ELY, A.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. In: III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. **Synergismus scyentifica**. UTFPR, Pato Branco, 06 (2), 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.745-754, 1999.

ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S.; OLIVEIRA, E.B.; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.37-44, 2004.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI, Jr.P.; MORAES, A.; ASMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003.

AVILA, V. S. de; COSTA, C. A. F.; FIGUEIREDO, E. A. P.; ROSA, P. S.; OLIVEIRA, U.; ABREU, V. M .N. **Materiais Alternativos, em Substituição à Maravalha como Cama de Frangos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2007. 5p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnica, 465).

AVISITE. O portal da avicultura na internet. **Na exportação de carnes, frango responde por 65% do volume e por metade da receita.** Disponível em: <<http://www.avisite.com.br>> Acesso em 17/01/2011.

AVISITE. **Os 30 maiores compradores do frango brasileiro em 2008.** Produção Animal - Avicultura, n.24, ano 03, abril/ 2009a.

AVISITE. **Aviários Gigantes.** Produção Animal na Avicultura, n.27, ano 03, julho/2009b.

BAGGIO, C. **Comportamento em pastejo de novilhos numa pastagem de inverno submetida a diferentes alturas de manejo em sistema de integração lavoura-pecuária.** 120p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

BARROW, N.J.; LAMBOURNE, L.J. Partition of excreted nitrogen, sulphur and phosphorus between the feces and urine of sheep being fed pasture. **Australian Journal Agricultural Research.** v.13, p.461-471.1962.

BELLAVER, C.; PALHARES, C.P. Uma visão sustentável sobre a utilização da cama de aviário. **Avicultura Industrial**, n.06, p.14-18, 2003.

BERNHART, M.; FASINA, O.O.; FULTON, J.; WOOD, C.W. Compaction of poultry litter. **Bioresource Technology**, v.101, p.234-238. 2010.

BERNHART, M.; FASINA, O.O. Moisture effect on the storage, handling and flow properties of poultry litter. **Waste Management.** v.29, p.1392-1398. 2009.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1101-1106, 2001.

BOSCH, D.J.; NAPIT, K.B. Economics of transporting poultry litter to achieve more effective use as fertilizer. **Journal of Soil and Water Conservation.** v.47, p.342-346, 1992.

BRINK, G.E.; ROWE, D.E.; SISTANI, K.R. Broiler litter application effects on yield and nutrient uptake of ‘Alicia’ bermudagrass. **Agronomy Journal.** v.94, p.911-916, 2002.

BROOKS, J. P.; ADELI, A.; READ, J. J.& MCLAUGHLIN, M. R. Rainfall simulation in Greenhouse microcosms to assess bacterial-associated runoff from land applied poultry litter. **Journal of Environmental Quality.** v.38, p218-229, 2009.

BUSSINK, D.W.; OENEMA, O. Differences in rainfall and temperature define the use of different types of nitrogen fertilizer on managed grassland in UK, NL and Erie”. **Netherlands Journal Agriculture Science**, v.44, p.317-339. 1996.

CABRERA, M.L; CHIANG, S.C. Water content effect on denitrification and ammonia volatilization in poultry litter. **Soil Science of America Journal**, v.58, p.811-816. 1994.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.** Informações Agronômicas, Piracicaba, p. 147-198, 1993.

CARR, L.E.; WHEATON, F.W.; DOUGLASS, L.W. Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. Trans. **ASAE**, v.33, p.260-265. 1990.

CARVALHO, P.C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T.R. et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 62 p.

CARVALHO P.C.F.; ROCHA L.M.; BAGGIO C.; MACARI, S.; KUNRATH T.R.; MORAES A. Dinâmica da produção e da estrutura de pastos mistos de aveia e azevém submetidos a intensidades de pastejo sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 1857-1865, 2010.

CASSOL, L. C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CHAMBERS, B.J.; SMITH K.A; VAN DER WEERDEN, T.J. Ammonia emissions following the land spreading of solid manures. In: JARVIS, S.C.; PAIN, B.F. (Ed.). **Gaseous nitrogen emissions from grasslands**. CAB Internat. Oxon, UK. 1997. p.275-280.

CHARLILE, F. S. Ammonia in poultry houses: A literature review. **Worlds Poultry Science Journal**, v.40, p.99-113. 1984.

CHOI, I.H. A study on reducing the environmental pollutants from animal feces and urine. **PhD Thesis**. Taegu University, Gyong San, South Korea. 2004.

CHOI, I. H.; NAHM, K. H. **Recent studies on protecting the environmental pollutants from animal houses**. TALS, v.3, p.8-18. 2005.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. Tópicos em Ciência do Solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. v.3, p. 209-248, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira, quarto levantamento, Janeiro 2010**: Companhia Nacional de abastecimento. – Brasília: Conab, 39 p. 2010.

COYNE, M.S.; VILLALBA, A.; BLEVINS, R.L. Nitrous oxide loss from poultry manure-amended soil after rain. **Journal Environmental Quality**, v.24, p.1091-1096. 1995.

CQFS- COMISSÃO DE QUÍMICA E DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 394p.

Da SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum*. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Editora Suprema, 2004. p.347-385.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios da ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA PASTAGEM, 3.,1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62

DOU, Z.; GALLIGAN, D.T.; ALLSHOUSE, R.D.; TOTH, J.D., RAMBERG JÚNIOR, C.F.; FERGUSON, J.D. Manure sampling for nutrient analysis: Variability and sampling efficacy. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.1432-1437. 2001.

EDWARDS, D.R.; DANIEL, T.C. Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal - A review. **Bioresource Technology**, v.41, p.9-33, 1992.

ESPÍNOLA, J.I.A.; GUERRA, L.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

FERGUSON, N.S.; GATES, R.S.; TARABA, J.L.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J.; FORD, M.J.; BURNHAM, D.G. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broiler. **Poultry Science**. v.77, p.1481-1487. 1998.

FERNANDES FILHO, J. F; QUEIROZ; A. M. de. Transformações recentes na Avicultura de Corte Brasileira: O Caso do Modelo de Integração. In: **XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural** - SOBER, 2002, Passo Fundo - RS. Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira. Brasília, v.1, p. 1-16, 2002.

FERREIRA, E.V.F.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade da soja na integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.161-169, 2011.

FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; COSTA; S.E.V.G.A.; CAO, E.G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades d pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1675-1684, 2009.

FLORES J.P.C.; ANGHINONI I.; CASSOL L.C.; CARVALHO P.C.F.; LEITE J.G.B. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.

FRIEND, A.L.; ROBERTS, S.D.; SCHOENHOLTZ, S.H.; MOBLEY, J.A.; GERARD, P.D. Poultry litter application to Loblolly pine forests: Growth and nutrient containment. **Journal of Environmental Quality**. v.35, p.837-848, 2006.

GUPTA, G & CHARLES, S. Trace Elements in Soils Fertilized with Poultry Litter. **Poultry Science**. v.78, p.1695–1698, 1999.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação c/n da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.331-340, 2001.

HOLLAND, E.A.; PARTON, W.J.; DETLING, J.K.; COPPOCK, D.L. Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. **American Naturalist**. v.140, p.685-706. 1992.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.; SUHET, A.; PERES, J. Fixação biológica de nitrogênio na soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microorganismo de importância agrícola**. 1994, EMBRAPA-CNPAF, p.9-89, 1994, documento 44.

IBGE. Pesquisa do IBGE aponta alta no abate de bovinos, suínos e frangos em 2010. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-03-31/pesquisa-do-ibge-aponta-alta-no-abate-de-bovinos-suinos-e-frangos-em-2010> > Acesso em 17/04/2011.

JACKSON, B.P.; BERTSCH, P.M.; CABRERA, M.L.; CAMBERATO, J.J.; SEAMAN, J.C.; WOOD, C.W. Trace element speciation in poultry litter. **Journal of Environmental Quality**. v.32, n.2, p.535-540, 2003.

KARCI, A. & BALCIOGLU, I. A. Investigation of the tetracycline, sulfonamide, and fluoroquinolone antimicrobial compounds in animal manure and agricultural soils in Turkey. **Science of the total environment**. v.407, p.4652-4664, 2009.

KAWATA, K.; NISSATO, K.; SHIOTA, N.; HORI, T.; ASADA, T. & OIKAWA, K. Variation in pesticide concentrations during composting of food waste and fowl droppings. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**. v.77, p.391-398, 2006.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Edmar José Kiehl. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985, 492p.

KINGERY, W.L.; WOOD, C.W.; DELANEY, D.P.; et al. Impact of long-term application of broiler litter on environmentally related soil properties. **Journal of Environmental Quality**, 1993.

LANG, C. R. **Pastejo e nitrogênio afetando os atributos químicos do solo e rendimento de milho no sistema de integração lavoura-pecuária**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.

LEYTEM, A. B.; PLUMSTEAD, P. W.; MAGUIRE, R. O.; KWANYUEN, P. & BRAKE, J. What aspect of dietary modification in broilers controls litter water-soluble phosphorus:

dietary phosphorus, phytase, or calcium? **Journal of Environmental quality**. v.36, p.453-463, 2007.

LOCKYER, D.R.; PAIN, B.F.; KLARENBECK, J.V. Ammonia emissions from cattle, pig and poultry wastes applied to pasture. **Environmental Pollution**. v.56, p.19-30.1989.

LOPES, M.L.T.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI I.; SANTOS D.T.; AGUINAGA A.A.Q.; FLORES J.P.C.; MORAES A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura de pastos de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 1499-1506, 2009.

LUCERO, D.W.; MARTENS, D.C.; MCKENNA, J.R.; et al. Accumulation and movement of phosphorus from poultry litter application on a Starr clay loam. **Commun. Soil Science and Plant Analysis**. v.26, p.1709-1718, 1995.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251p. 1980.

MARSHALL, S.B.; WOOD, C.W.; BRAUN, L.C.; et al. Ammonia volatilization from tall fescue pastures fertilized with broiler litter **Journal of Environmental Quality**. v.27, p.1125-1129, 1998.

MARTINS, S.S. Avicultura de corte: situações e perspectivas em maio de 2005. **Informações Econômicas**, v.35, n.7, São Paulo: IEA, 2005, p. 57-59.

MATHEWS, B.W.; MIYAKA, S.C.; TRISCHLER, J.P. Mineral nutrition of C₄ forage grasses. In: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLLENBERGER, L.E. (Ed.) **Warm-season (C₄) grasses**. Madison: Agron. Monogr., 2004 , v.45, p.217-265

MCGRATH, S.; MAGUIRE, R.O.; TACY, B.F.; KIKE, J.H. Improving soil nutrition with poultry Litter application in low input forage systems. **Agronomy Journal**. v.102, p.48-54, 2009.

MERRINGTON, G.; WINDER, L.; GREEN, I. The bioavailability of Cd and Zn from soils amended with sewage sludge to winter wheat and subsequently to the grain *aphid Sitobion avenae*. **Science Total Environmental**. v.205, p.245-254. 1997.

MITCHELL, C.C.; DONALD, J.O.; MARTIN, J. The value and use of poultry waste as fertilizer. Alabama Cooperative Extension Service Circular Nº 244. Auburn University, Auburn, AL. 1990.

MITCHELL, C.C.; TU, S. Long-Term Evaluation of Poultry Litter as a Source of Nitrogen for Cotton and Corn. **Agronomy Journal**, v.97, p.399-407. 2005.

MOORE JÚNIOR, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R; MILLER, D.M. Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. **Poultry. Science**. v.75, p.315-320. 1996.

MOORE JÚNIOR, P.A.; DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N.; et al. Poultry manure management. Environmentally sound options. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.50, p.321-327, 1995a.

MOORE JÚNIOR, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. et al. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. **Journal of Environmental Quality**. v.24. p.293-300, 1995b.

MOSS, D.P.; CHAMBERS, B.J.; VAN DER WEERDEN, T.J. Measurement of ammonia emissions from land application of organic manures. **Aspects of Applied. Biology**. v.43, p.221-228. 1995.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E. et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**, p.81-116, 1994.

NABINGER, C. Fundamentos da Produção e Utilização de Pastagens. Bases ecofisiológicas do crescimento das pastagens e as práticas de manejo. Notas do módulo 1 da disciplina AGR 05003. Porto Alegre, 2005.

NAHM, K. H. Environmental effects of chemical additives used in poultry litter and swine manure. Critical reviews in: **Environmental Science and Technology**. v.35, p.487-513, 2005.

NATHAN, M.V.; MALZER, G.L. Dynamics of ammonia volatilization from turkey manure and urea applied to soil. **Soil Science American Journal** v.58, p.985-990. 1994.

NYAKATAWA, E.Z.; REDDY, K.C.; BROWN, G.F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. **Field Crops Research**, v.71, p.159-171, 2001.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.239-252, 2008.

PAB. Pesquisa agropecuária Brasileira. Disponível em: <http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/ecd4ca3ff88efcfa032564cd004ea083?SearchView>
Acessado em: 13 fev. 2012.

PAIN, B.F.; MISSELBROOK, T.H. Sources of variation in ammonia emission factors for manure applications to grassland. In: JARVIS, S.C.; PAIN, B.F. (Ed.). **Gaseous nitrogen emissions from grasslands**. CAB Internat. Oxon, UK. 1997. p.293-301.

PARKER, M.A.; NYAKATAWA, E.Z.; REDDY, K.C.; REEVES, D.W. Soil carbon and nitrogen as influenced by tillage and poultry litter in North Alabama. In: SANTEN, E. (Ed.). **Proc. Southern Conservation Tillage Conf. for Sustainable Agric.**, Alabama: Agric. Exp. Stn., Auburn. 2002. p.283-287.

PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; ALVES, S.J. Altura de pastejo de aveia e azevém e qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico sob integração lavoura-pecuária. **Semina**, v.30, p.1009-1016, 2009

PIERZYNSKI, G.; SIMS, J.; VANCE, G. **Soils and Environmental Quality**. Lewis Pub., Boca Raton, FL. 1994.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**. v.34, p.1015-1020, 2004.

PREUSCH, P.L.; ADLER, P.R.; SIKORA, L.J.; TWORKOSKI, T.J. Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. **Journal of Environmental Quality**. v.31, p.2051-2057, 2002.

REECE, F.N.; BATES, B.J.; LOTT, B.D. Ammonia control in broiler houses. **Poultry Science**. v.58, p.754-755. 1979.

SCHINDLER, D.W. **Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters**. Limnol. Ocean. v.23, p.486-478, 1978.

SHARIFF, A.R. et al.. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal Range Manag**, v.47, p.444-449, 1994.

SHARPE, R.R.; SCHOMBERG, H.H.; HARPER, L.A.; et al. Ammonia volatilization from surface-applied poultry litter under conservation tillage management practices. **Journal Environmental Quality**, v.33, p.1183-1188, 2004.

SILVA, A.P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil and Tillage Research**. v.70, p.83-90, 2003.

SILVA, E.C.da.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SIMS, J.T.; WOLF, D.C. Poultry waste management: agricultural and environmental issues. **Advance Agronomy**, v. 52, p.1-83. 1994.

SISTANI, K.R.; BRINK, G.E.; ADELI, A.; TEWOLDE, H.; ROWE, D.E. Year-Round Soil Nutrient Dynamics from Broiler Litter Application to Three Bermudagrass Cultivars. **Agronomy Journal**, v.96, p.525-530, 2004.

SMITH, P.; POWLSON, D.S.; SMITH, J.U.; et al. **Evaluation and comparison of soil organic matter models using longterm datasets**. Geoderma, v.81, p.1-255, 1997.

SOMMER, S. G., OLESEN, J. E. "Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface applied cattle slurry". **Journal Environmental Quality**, v.20, p 679-683. 1991.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; FERREIRA, E.V.O.; MARTINS, A.P.; CAO, E.G & ANDRIGHETTI, M. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1365-1374, 2010.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Rome, Italy: FAO. 2006

STEPHENSON, A.H.; MCCASKEY, T.A.; RUFFIN, B.G. A survey of broiler litter composition and potential value as a nutrient resource. **Biological Waste**. v.34, p.1-9. 1990.

SVENSSON, L. Ammonia volatilization following application of livestock manure to arable land. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.58, p.241-260. 1994.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. University of California Press, Berkeley, California, USA, 1979.

TASISTRO, A.S.; KISSEL, D.E.; BUSH, P.B. Sampling Broiler Litter: How Many Samples Are Needed? **Journal Applied Poultry Research**. v.13, p.163-170, 2004.

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.249-254, 1994.

THOMPSON, R.B.; PAIN, B.F.; LOCKYER, D.R. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland. **Plant and Soil**. v.125, p.109-117. 1990.

THORNTON, P.K. Livestock production: recent trends, future prospects. **Phil. Trans. R. Soc. B**. v.365, p.2853-2867, 2010.

THORNTON, P.K.; VANDE STEEG, J.; NOTENBAERT, A.; HERRERO, M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. **Agric. Syst**. v.101, p.113-127, 2009.

TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 754p. 1985.

UBA - UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório Anual 2006/2007/2008**. Disponível em: <http://www.uba.org.br/uba_rel08_internet.pdf> Acesso em: 19/11/2010.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2009/12-09/graintoc.asp>, acesso dia 05 de janeiro de 2010.

WILKINSON, S.R. Plant nutrient and economic value of animal manures. **Journal of Animal Science**, v.48, p.121-133, 1979.

WILLIAMS, C.M., BARKER, J.C. and SIMS, J.T. Management and utilisation of poultry wastes. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. v.162, p.105-157, 1999.

WOLF, D.C.; GILMOUR, J.T.; GALE, P.M. Estimating potential ground and surface water pollution from land application of poultry litter - II. Publication N^o 137, Arkansas Water Resources Research Center, Fayetteville, 1988.

WOOD, B.H.; WOOD, C.W.; YOOQ, K.H.; DELANEY, D.P. Nutrient accumulation and Nitrate leaching under broiler litter amended corn fields. **Communication Soil Science and Plant Analysis**. v.27, p.2875-2894. 1996.

WORLD BANK. Minding the stock: bringing public policy to bear on livestock sector development. Report no. 44010-GLB. Washington, DC. 2009.

ZANCHET, M. S. **Características das Ocupações na Agropecuária Paranaense**. Curitiba: IPARDES, julho de 2008.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. Piracicaba, ESALQ, 2006. 194p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Plantas Forrageiras). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

ZHANG, I. **Animal Manure Can Raise Soil pH**. Production technology, Department of Plant and Soil Sciences. Oklahoma cooperative extension service. V. 10, N^o 7, 1998.

ZHANG, H.; SMOLEN, M.E.; HAMILTON, D. **Poultry Litter Quality Criteria**. Production technology, Department of Plant and Soil Sciences. Oklahoma cooperative extension service. v.14, n^o 24, 2002.

ANEXO

ANEXO I – Croqui da área experimental

200	100	0	300	NPK
-----	-----	---	-----	-----

35 - 15

300	0	200	100	NPK
-----	---	-----	-----	-----

25 - 5

100	300	0	200	NPK
-----	-----	---	-----	-----

30 - 10

300	200	100	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

Sem pastejo

100	200	0	300	NPK
-----	-----	---	-----	-----

Sem pastejo

200	100	300	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

30 - 10

300	100	0	200	NPK
-----	-----	---	-----	-----

35 - 15

0	300	200	100	NPK
---	-----	-----	-----	-----

25 - 5

300	100	200	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

25 - 5

0	200	300	100	NPK
---	-----	-----	-----	-----

Sem pastejo

200	100	0	300	NPK
-----	-----	---	-----	-----

30 - 10

300	200	100	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

35 - 15

100	200	300	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

35 - 15

200	0	300	100	NPK
-----	---	-----	-----	-----

30 - 10

0	100	200	300	NPK
---	-----	-----	-----	-----

Sem pastejo

300	200	100	0	NPK
-----	-----	-----	---	-----

25 - 5

BLOCO I

BLOCO II

BLOCO III

BLOCO IV